

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет  
Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій Якович ЖУК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою  
«Радіотехнічні інформаційні технології»  
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
на тему: «Прилад ультразвукової дефектоскопії металевих об'єктів»**

Виконав :

студент III курсу, групи РТ-п71  
Тимошенко Дмитро Віталійович \_\_\_\_\_

Керівник:

к.т.н., с.н.с., доцент  
Піддубний Володимир Олексійович \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:

к.б.н., доцент  
Гусєв Аркадій Миколайович \_\_\_\_\_

Рецензент:

к.т.н., доцент  
Мовчанюк Андрій Валерійович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент Тимошенко Д.В. \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**  
**Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіотехнічні інформаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій Якович ЖУК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
**Тимошенку Дмитру Віталійовичу**

1. Тема проекту «Прилад ультразвукової дефектоскопії металевих об'єктів», керівник проекту доцент кафедри РТПС РТФ Піддубний Володимир Олексійович, затверджені наказом по університету від «21» травня 2020 р. №1126
2. Термін подання студентом проекту 12 червня 2020 р.
3. Вихідні дані до проекту: Прилад повинен бути виконаний в вигляді моноблоку зручного для користування та мати виносні ультразвукові головки шукача. Основою для розробки є прилад УРДО-3. Кліматичні вимоги група УХЛ4.2 згідно ГОСТ 15150-69. Захист від механічних впливів Р6 (апаратера носима). Вимоги стійкості РЕА до механічних впливів за ГОСТом 15150-69. Прилад повинен бути ремонтпридатний. Електричні характеристики: струм, що споживається не більше 50 мА; частота імпульсів ультразвукових коливань -  $2 \pm 0,3$  МГц; частота посилок імпульсів ультразвукових коливань 300...1000 Гц; напруга живлення 9 В; індикація дефектів звукова на головні телефони;

4. Зміст пояснювальної записки : Вступ, огляд науково-технічної літератури, аналіз ТЗ, розробка структурної та електричної принципової схеми, розробка конструкції, вибір елементної бази, розробка друкованого вузла, необхідні розрахунки, висновки, розділ з охорони праці та безпеки.

Оформлення документації оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) структурна схема, схема електрична принципова, друкована плата (збірка та деталювання) та інші, що пояснюють сутність проекту (не менше 4 документів формату А1)

6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Гусєв А.М., к.б.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 13 квітня 2020р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз ТЗ	до 05.04.2020	
2	Огляд науково-технічної літератури	до 25.04.2020	
3	Розробка структурної схеми	до 10.05.2020	
4	Розробка схеми електричної принципової	до 15.05.2020	
5	Розрахунки вузлів	до 20.05.2020	
6	Розробка конструкції	до 31.05.2020	
7	Розрахунки працездатності	до 31.06.2020	
8	Розробка КД	до 05.06.2020	
9	Розробка розділу з охорони праці	до 05.06.2020	
10	Оформлення ПЗ	до 10.06.2020	

Студент

Тимошенко Дмитро Віталійович

Керівник

Піддубний Володимир Олексійович

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту  
на тему: «Прилад ультразвукової дефектоскопії  
металевих об'єктів»**

Київ – 2020 року

## **АНОТАЦІЯ**

В процесі експлуатації залізничних колій відбуваються знос та корозія рейок, які можуть привести до порушення графіку перевезень або навіть викликати аварію залізничного транспорту. Тому постійний контроль якості залізничного полотна є актуальним. Він здійснюється за звичай ультразвуковими пристроями неруйнівного контролю (дефектоскопами). В проєкті проводиться доопрацювання приладу ультразвукової дефектоскопії УРДО-3 (поліпшення його технічних та ергономічних характеристик, яке не призведе до перенавчання обслуговуючого персоналу.

Пояснювальна записка містить 108 сторінок, має 6 таблиць, 44 рисунків, 4 додатків, 20 бібліографічні найменування за переліком посилань.

## **ANNOTATION**

During the operation of railway tracks there is wear and corrosion of rails, which can lead to disruption of the schedule or even cause an accident of railway transport. Therefore, constant quality control of the railway is relevant. It is usually performed by ultrasonic non-destructive testing devices (flaw detectors). The project is finalizing the device of ultrasonic flaw detection URDO-3 (improvement of its technical and ergonomic characteristics, which will not lead to retraining of service personnel.

The explanatory note contains 108 pages, has 6 tables 44 figures, 4 appendices, 20 bibliographic names according to the list of ref.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	4
ВСТУП .....	5
1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	7
1.1.                   Огляд                   відомих                   методів                   УЗ	
діагностики.....	
.....7	
1.2. Прилади, що використовуються для діагностики.....	20
1.3. Визначення недоліків приладу УРДО-3 та шляхів покращення .....	28
1.4 Висновки за розділом.....	31.
2. АНАЛІЗ ТЗ .....	32
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ	
СХЕМ, РОЗРАХУНКИ.....	37
3.1 Структурна схема та опис роботи приладу .....	37
3.2 Принципова електрична схема та її особливості .....	39
3.3 Електричний розрахунок вузла підсилення сигналу.....	44
3.4 Розрахунок часових інтервалів строб імпульсу.....	49
3.5 Обчислення еквівалентної площі відбивача.....	49
3.6 Вибір основних та допоміжних матеріалів.....	51
3.7 Вибір інструментів, пристосувань, оснастки.....	54
3.8 Висновки за розділом.....	56
4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИЛАДУ .....	57
4.1                   Вибір                   та                   обґрунтування	
конструкції.....	57
4.2 Компоновка приладу.....	57
4.3 Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів.....	59

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ		
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Тимошенко Д.				Дефектоскоп ультразвуковий Пояснювальна записка	Літ.	Лист
Перевірів	Піддубний						1
						РТп71 РТФ	
Н. Контр.	Піддубний						
Затвердив							

4.4 Висновки за розділом.....	59
5 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ.....	60
5.1 Вибір пасивних елементів .....	60
5.2 Вибір активних елементів.....	63
5.3 Висновки за розділом.....	64
6 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА.....	65
6.1 Вибір типу друкованої плати .....	65
6.2 Вибір форми та розрахунок розміру друкованої плати .....	66
6.3 Вибір класу точності.....	74
6.4 Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати .....	75
6.5 Розробка топології друкованої плати.....	79
6.6 Опис технології виготовлення друкованої плати.....	80
6.7 Висновки за розділом.....	81
7 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ.....	82
7.1 Розрахунок надійності .....	8.2
7.2 Розрахунок потужності, що споживається.....	93
7.3 Висновки за розділом.....	94
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	95
8.1 Визначення основних потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників.....	9.5
8.2 Дія ультразвуку на людину, основні методи та засоби захисту Профілактика негативного впливу ультразвуку.....	96
8.3 Електромагнітні поля та випромінювання радіочастотного діапазону.....	97
8.4 Вимоги до працівника.....	98
8.5 Охорона праці при виготовленні друкованої плати.....	100
8.6 Охорона праці при експлуатації та обслуговуванні виробу.....	102

8.7	Зміна параметрів. Регулювання та налаштування дефектоскопа.....	103
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	106
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	107
	ДОДАТОК А .....	109
	ДОДАТОК Б.....	110
	ДОДАТОК В.....	113
	ДОДАТОК Г.....	117



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДЖ – джерело живлення

ДП - друкована плата

ДСНС — державна служба з надзвичайних ситуацій

ДСТУ — державний стандарт України

ЕА — електронна апаратура

ЕРЕ – електрорадіокомпоненти

НЕ- неруйнівний контроль

ОД- об'єкт досліджень

ОДП – одностороння друкована плата

РЕА- радіоелектронна апаратура

УД- ультразвукова дефектоскопія

УЗ- ультразвук

УЗД- ультразвуковий дефектоскоп

УЗК – ультразвукові коливання;

ТЗ- технічне завдання.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## ВСТУП

У залізничних рейках в процесі експлуатації в процесі їх роботи відбуваються процеси зносу, корозії і втоми матеріалу, з якого вони виготовлені. В результаті цих процесів утворюються різні пошкодження і дефекти. Дефект рейки характеризується відхиленнями її розмірів від встановлених нормами на їх геометричні розміри, параметри та міцність, дотримання яких забезпечує працездатний стан рейки в встановлених умовах експлуатації. При відхиленні від встановлених параметрів або їх пошкодженні виникає необхідність зниження швидкості руху залізничного транспорту при проїзді на виявленій ділянці. Вихід за встановлені параметри (відмові рейки) внаслідок її механічного пошкодження є дефектом, при якому виключається можливість пропуску поїздів [1].

Контролювати якість рейок можна за допомогою ультразвуку. Ультразвук – це хвилеподібний рух частинок середовища, що хвилеподібно розповсюджується. Ультразвук має деякі особливості в порівнянні зі звуками звукового діапазону. В ультразвуковому діапазоні порівняно легко отримати направлене випромінювання; він добре піддається фокусуванню, в результаті чого можна підвищити інтенсивність ультразвукових коливань в визначеній точці. При поширенні в газах, рідинах і твердих тілах ультразвук породжує цікаві явища, багато з яких знайшли практичне застосування в різних областях науки і техніки.

Ультразвукові коливання застосовують в неруйнівному контролі. Професор С. Я. Соколов [2] використовував властивість поширення ультразвуку в ряді матеріалів і запропонував в 1928 році метод виявлення дефектів, що знаходяться в товщі металу. Ультразвуковий метод скоро отримав визнання як в нашій країні так і за кордоном. Це пояснюється високою чутливістю по розкриттю, достовірністю виявлення дефектів, більш високою продуктивністю, меншою вартістю і безпекою в роботі по порівняно з іншими методами неруйнівного контролю.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Ультразвуковий контроль не руйнує і не пошкоджує досліджуваний зразок, що є його головною перевагою, яка дозволяє ефективно проводити контроль виробів. Ультразвуковий контроль дозволяє швидко проводити дослідження при низькій вартості і незначній небезпеці для людини (в порівнянні з рентгенівською дефектоскопією). Ультразвуковий дефектоскоп (УД) – це високо мобільний пристрій, що дозволяє ефективно контролювати металеві предмети.

Ультразвукова дефектоскопія – це сукупність методів неруйнівного контролю, що використовуває ультразвукові хвилі для знаходження дефектів у виробках. Результати проходження ультразвукових коливань аналізуються, виявляється форма дефектів, розмір, глибина залягання та інші характеристики, що дозволяє надійно та ефективно перевіряти якість об'єкту досліджень (ОД).

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Огляд відомих методів ультразвукової діагностики

### 1.1.1 Ультразвукові перетворювачі.

Пристрої, призначені для отримання ультразвукових коливань, називаються перетворювачами. Перетворювачі генерують коливання з частотою, що лежить в діапазоні від 0.8 до 15 МГц, які потім направляються в досліджуваний ОК.

Для створення ультразвукових коливань в дефектоскопії використовуються магнітострикція і п'єзоефект. При магнітострикції коливання збуджуються за рахунок зміни розмірів феромагнітного тіла при намагнічуванні. Так, залізний стрижень при намагнічуванні подовжується, а нікелевий - коротшає. Якщо створювати перемагнічування стрижня з великою частотою, притиснутого до контрольованої поверхні, то він буде генерувати в ній мікроудари, які викличуть в матеріал пружні хвилі.

П'єзоефект заснований на тому явищі, що деякі речовини, що мають несиметричні кристалічні решітки, наприклад, кварц ( $\text{SiO}_2$ ) чи титанат барію ( $\text{BaTiO}_3$ ), при прикладенні до них електростатичного поля змінюють свої розміри, що дозволяє генерувати ультразвукові коливання, які використовується для контролю якості матеріалу ОД. Це явище називається п'єзоефектом другого роду. П'єзоелектричні кристали кварцу і титанату барію можуть трансформувати механічні коливання середовища в електричні заряди (п'єзо-ефект першого роду). Ці два зворотніх ефекти дозволяють не тільки генерувати ультразвукові коливання, але і реєструвати ослаблені хвилі, що пройшли через шар речовини. Причому титанат барію має набагато більший ніж кварц п'єзоелектричний коефіцієнт. Тому він знаходить широке застосування в дефектоскопії.

П'єзоелектричні перетворювачі входять до складу елементів конструкції ультразвукового дефектоскопа (так званих щупів), за допомогою яких здійснюється введення в матеріал ультразвукових коливань і своєрідне

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

«прослуховування» відбитих від дефектів хвиль. Конструкції перетворювачів досить різноманітні, можуть бути роздільними і роздільно-суміщеними, нормальними і призматичними. Розглянемо, як приклад, одну з конструкцій головки дефектоскопа. На рис.1.1 представлена головка дефектоскопа конструкції ЛЕТІ [2].

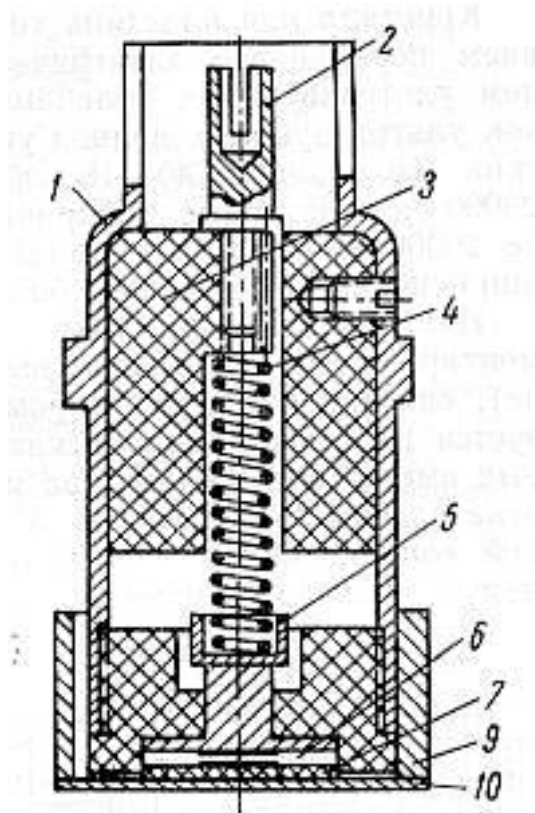


Рисунок 1.1 Конструкція головки шукача дефектоскопу

В металевому корпусі – 1 розташовується ізоляційна втулка – 3, по центру якої встановлено контактний гвинт – 2 і пружина – 4, ця пружина впирається в контактний стрижень – 5, а той, у свою чергу, в демпфер – 6. За демпфером розташовується п'єзопластини, прикрита захисним металевим ковпачком – 10.

Підведення електричного живлення на п'єзопластини здійснюється через контактний гвинт – 2 і корпус – 1. Для кращого електричного контакту п'єзокерамічної пластини з контактним стрижнем – 5, вона покрита тонким шаром срібла, Товщина пластини вибирається рівній половині довжини хвилі випромінювання, тобто

$$d = n \lambda = n v / 2 f, \quad (1.1)$$

де  $f$  - власна частота, а  $n = 1, 2, 3$ .

У разі основного коливання при частоті 1 МГц товщина пластини кварцу  $d = 2.88$  мм. Ця товщина пластини забезпечить резонанс випромінювача при обраній частоті і, тим самим, забезпечить максимальну амплітуду її коливань.

Якщо у наведеній вище конструкції перетворювача, пластина п'єзокераміки працює як випромінювач і приймач в різні періоди часу, то в окремо -суміщеній голівці знаходиться два кристала титаната барію, один з них працює в режимі безперервного випромінювання, а інший - приймача відбитих хвиль. Ця конструкція дозволяє зменшити так звану «мертву зону» виявлення дефекту. Випромінювач після відключення електричного живлення, продовжує по інерції здійснювати затухаючі коливання, і він не відчуває наявності дефектів до глибини 5-10 мм. Окремо-поєднана головка зменшує глибину мертвої зони до 0.5-1 мм.

Призматичні головки (рис.1.2) направляють ультразвукові хвилі під певним кутом до контрольованої поверхні. Сам випромінювач складається з призми – 1, виконаної з органічного скла, а на спеціальному зрізі призми укріплений сам випромінювач. В металевому корпусі – 2 розташовується електрод – 3, за яким знаходиться демпфер – 4 і п'єзопластини – 5.

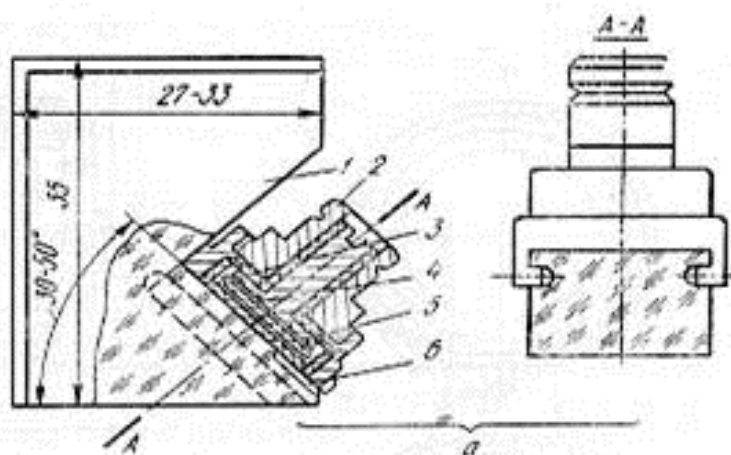


Рисунок 1.2 Призматичні головки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РТ-п71. 412234. 001 ПЗ

Арк.

9

Створювані п'єзопластиною 5 поздовжні хвилі, проходячи в виріб, трансформуються в поперечні хвилі. Для роботи з поперечними хвилями використовують нахил випромінювача по відношенню до контрольованої поверхні на кути в інтервалі від 28 до 58 градусів.

Для поліпшення акустичного контакту випромінювача з контрольованою поверхнею, в ультразвукової дефектоскопії поверхню виробу покривають тонким шаром мастила (мінеральним маслом). Масло заповнює нерівності поверхні і забезпечує надійний контакт п'єзокераміки з поверхнею виробу.

В промисловості метали, як правило, перевіряють ультразвуком з частотою в діапазоні від 0,5 до 10 МГц. В окремих випадках зварювальні шви досліджують хвилями, які мають частоту до 20 МГц. Завдяки цьому можна виявити дефекти доволі невеликого розміру. Об'єкти значної товщини (відливки, поковки, зварні з'єднання електрошлаковою зваркою, а також метали крупнозернистої будови, наприклад чугун та деякі види сталі) перевіряють ультразвуком з низькими частотами. Загальний принцип дефектоскопії показано на рис.1.3. П'єзоелектричними перетворювачами називають прилади, які збуджують та приймають ультразвукові хвилі.

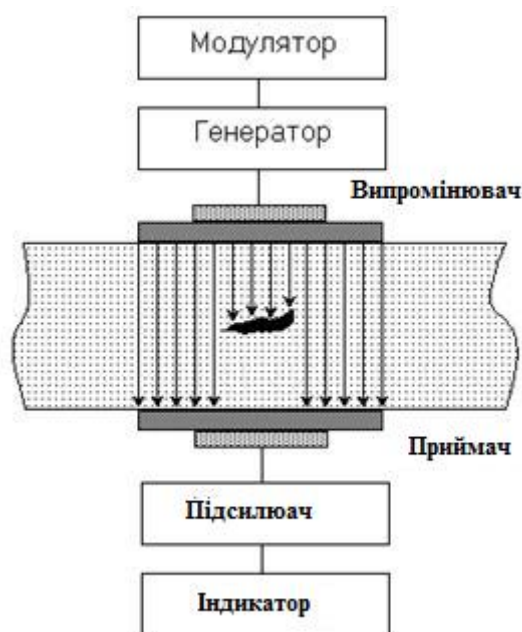


Рисунок 1.3 – Загальний принцип ультразвукової дефектоскопії

Суміщені перетворювачі мають у своєму складі п'єзоелемент, котрий може в один момент часу випромінювати ультразвук, а в наступний приймати. В роздільно-сполучених апаратах один п'єзоелемент є джерелом ультразвукових хвиль, а інший їх вловлює. У роздільних п'єзоелемент служить або генератором, або приймачем ультразвуку. У контактних перетворювачів ультразвукові хвилі випромінюються в досліджуваний об'єкт через тонкий прошарок рідини. В іммерсійного пристроя його поверхня і виріб розділені шаром рідини, яка у багато разів перевищує довжину хвилі. Для цього зразок поміщають в іммерсійну ванну, застосовують потік води і т.д. У контактньо-іммерсионному перетворювачі є спеціальна ванна з еластичною мембраною, що контактує з перевіряємим виробом. В безконтактних установках ультразвукові коливання збуджуються за допомогою різних фізичних ефектів через повітряний проміжок. Їх чутливість вище чутливості перетворювачів інших типів в десятки тисяч разів

#### 1.1.2 Методи УЗ діагностики

Тепер перейдемо до розгляду основних методів ультразвукової дефектоскопії..

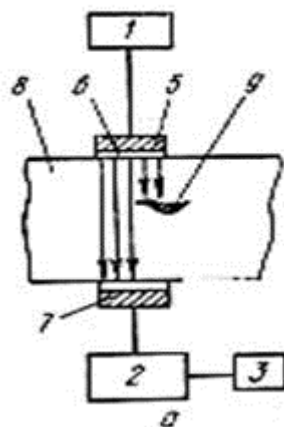


Рисунок 1.4 Тіньовий метод

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Суть тіньового методу (рис.1.4) дефектоскопії полягає в тому, що пошукові голівки розташовуються по обидва боки виробу, тобто з одного боку виробу - 8 за допомогою випромінювача 6 вводиться пучок ультразвукових коливань, а з іншого боку, за допомогою щупа - 7, встановленого строго навпроти випромінювача - 6, реєструється інтенсивність хвиль, що пройшли через товщу виробу - 8. Випромінювач - 6 безперервно отримує високочастотний електричний сигнал від блоку генератора - 1, а інтенсивність минулого сигналу знімається з перетворювача - 7 і надходить на підсилювач - 2, а потім - на блок індикатора - 3. Як індикатор зазвичай використовується осцилограф, на екрані якого видно як імпульс пройшов через виріб сигналу (рис.1.5а).

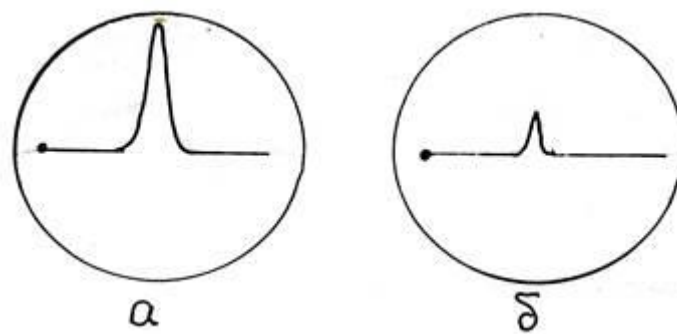


Рисунок 1.5 Осцилограми

Відстань між початком шкали і центром піку сигналу пропорційний часу проходження хвилі від випромінювача до приймача – 7.

Якщо на шляху зондуючого променя виявиться яке-небудь розшарування - 4, то інтенсивність променя, який прийшов до приймача, виявиться помітно меншою за рахунок того, що дефект відбив частину променів в сторону випромінювача. На осцилограмі це викличе зменшення висоти піка від осі ординат (рис.1.5б). Чим протяжніший дефект під випромінювачем, тим, відповідно, значніше буде ослаблення результуючого сигналу. У тому ж випадку, якщо дефект всередині виробу матиме дуже велику протяжність, то на екрані осцилографа не реєструватиметься сигналу.

Тіньовий метод набув широкого поширення в області виявлення дефектів виробів простої форми з доступом до їх поверхні з двох сторін (листові матеріали, прокатні профілі і т.п.).

Тіньовий метод вимагає доступу перетворювачів до перевіряемого виробу з обох сторін, причому пристрої повинні перебувати на одній акустичній осі. Присутність в об'єкті дефекту визначають за зниженою амплітудою приймаемого сигналу або його повного зникнення. Основними перевагами цього методу є хороша стійкість і низька залежність амплітуди сигналу від орієнтації дефекту.

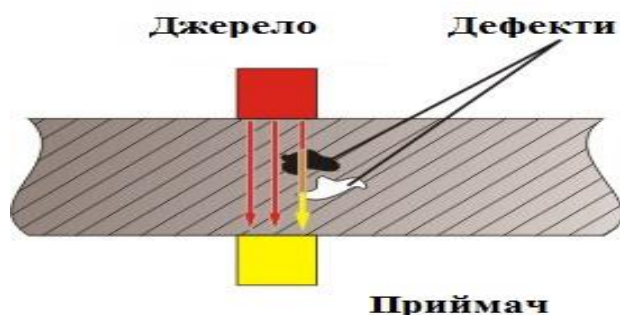


Рисунок 1.6 Тіньовий метод принцип роботи

#### Дзеркально - тіньовий метод контролю

Дзеркально-тіньовий метод не вимагає двостороннього доступу до виробу. При цьому ознакою виявлення дефекту служить ослаблення амплітуди сигналу, відбитого відпротилежної поверхні. Її зазвичай називають донною поверхнею, а ехо-сигнал, відбитий донним сигналом.

Як видно з рис 1.7 дзеркально-тіньовий метод (ДТМ) ультразвукового контролю реалізується, якщо перенести приймальний п'єзоелектричний перетворювач, який реалізує тіньовий метод, з донної поверхні на поверхню сканування виробу і спостерігати за рівнем (амплітудою) двічі пройшовши через ОК. Дві п'єзопластини розміщені в одному корпусі, причому приймальна та передавальна п'єзопластини зазвичай відокремлюються електроакустичним екраном. Такий п'єзоперетворювач називають роздільно-суміщеним (РС) - одна п'єзопластина, що здійснює почергове випромінювання і прийом ультразвукових коливань.

Такий режим роботи називають суміщеним, а п'єзоперетворювач суміщеним ПЕП.

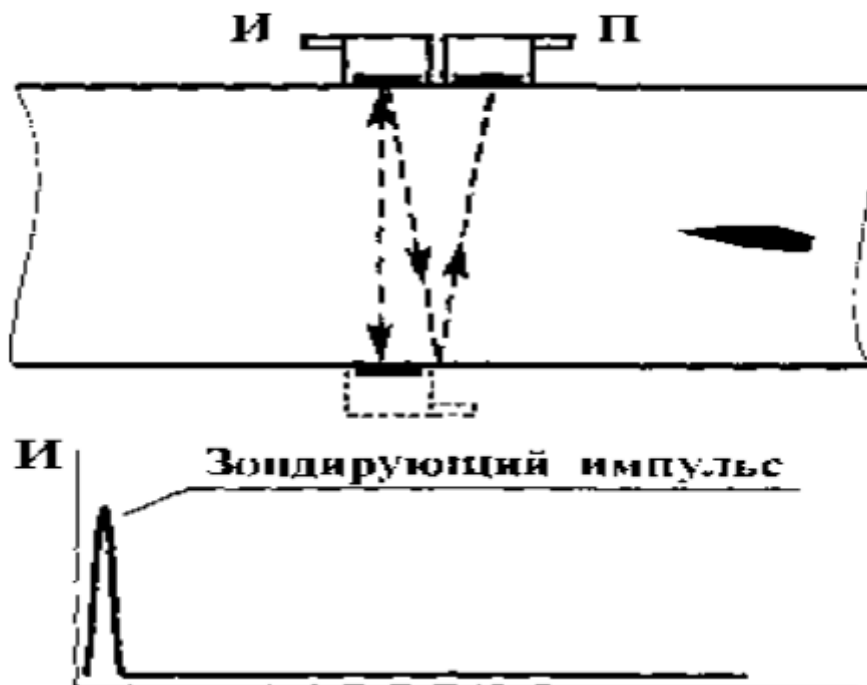


Рисунок 1.7 Дзеркально-тіньовий метод ультразвукового контролю донним сигналом

Схеми реалізації дзеркально-тіньового методу (ДТМ) контролю наведені на рис.1.8. В цьому випадку випромінювач і приймач розташовані на одній стороні (контактної). Дзеркально тіньової метод можна реалізувати або одним прямим, або двома похилими перетворювачами. При роботі за першою схемою в рейкової дефектоскопії частіше використовуються роздільно-суміщений перетворювач. Приймач реєструє сигнал, відбитий від протилежної сторони (донної), який називають «донним» сигналом. Ультразвук проходить виріб два рази, що підвищує чутливість контролю. Можна працювати також по другому і наступним донним сигналами, причому чутливість при цьому буде збільшуватися. На відміну від тіньового методу ДТМ не вимагає двостороннього доступу до виробу, але необхідна наявність двох плоско-паралельних поверхонь. При використанні прямих ПЕП також не дає інформації про

глибину залягання дефекту.



Рисунок 1.8 Схеми реалізації дзеркально-тіньового методу

Ознакою дефекту при ДТМ контролю є зникнення донного сигналу або його ослаблення нижче порогового рівня. Про величину дефекту можна судити за ступенем ослаблення донного сигналу. Виявлення дефекту не сильно залежить від його орієнтації по відношенню до акустичної осі.

До ослаблення донного сигналу можуть вести порушення акустичного контакту, зменшення відбивної здатності донної поверхні, розсіювання ультразвуку на неоднорідностях структури, порушення плоско-паралельності контактної і донної поверхні, порушення центрування ПЕП – що необхідно враховувати при аналізі причин зменшення або зникнення донного сигналу.

Дефект при контролі ДТМ характеризують коефіцієнтом виявлення КД. Коефіцієнт виявлення дефекту КД при ДТМ – це відношення амплітуди донного (першого) сигналу при наявності дефекту  $U_d$  до амплітуді донного сигналу за відсутності дефекту  $U_0$ .

$$K_d = U_d / U_0 \quad (1.2)$$

Ехо-імпульсний метод дефектоскопії набув найширшого застосування в промисловій діагностиці різноманітних дефектів через те, що для виявлення дефекту у виробі достатній односторонній доступ до контрольованої поверхні.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Ехо-імпульсний метод (рис.1.9) широко поширений і досить простий. Перетворювач випромінює зондуючі сигнали і сам же реєструє відбиті дефектами ехо-сигнали. За проміжками часу між посланим і відбитим сигналом можна дізнатися, де і на якій глибині знаходиться дефект, а за амплітудою сигналу - які його розміри.

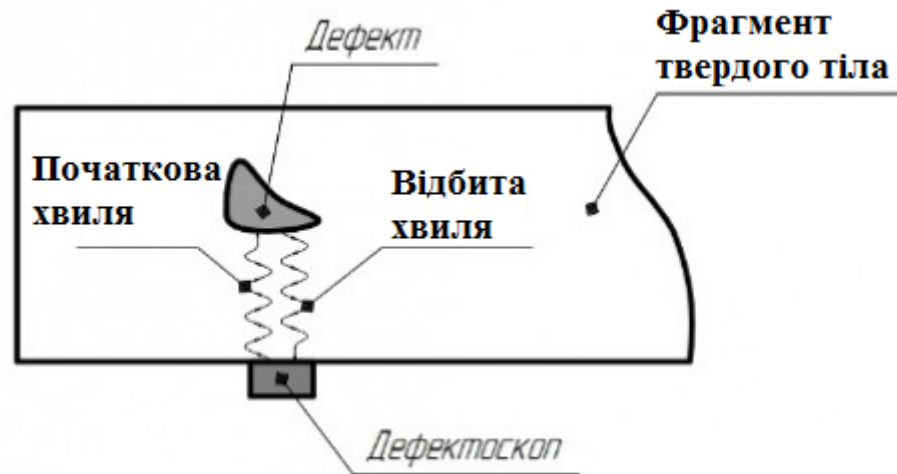


Рисунок 1.9 Ехо-імпульсний метод

До переваг цього способу слід віднести:

можливість провести перевірку тільки одним перетворювачем;  
добре знаходить внутрішні (глибинні) дефекти;  
дуже гарна точність визначення місцезнаходження дефекту.

Основними недоліками є:

- стійкість до завад залишає бажати кращого;
- відбитий сигнал занадто сильно залежить від того, як орієнтован дефект;
- не можна контролювати акустичний контакт, коли перетворювач переміщається по перевіряється об'єкту, тому що ехо на ділянках без дефектів відсутнє [7].

Відмінною особливістю методу є те, що при контролі виробів реєструються і аналізуються практично всі сигнали що проходять з виробу після випромінювання зондуючих коливань.

Тому при контролі виробів з плоско паралельними поверхнями можливий одночасний прийом ехо-сигналу як від дефекту, так і від протилежної поверхні (рис 1.10).



Рисунок 1.10 Формування ехо і донного сигналу

Сигнал від протилежної поверхні може бути відсутнім в випадках коли:

- донна поверхня не паралельна поверхні введення ультразвукових коливань (рис 1.11).

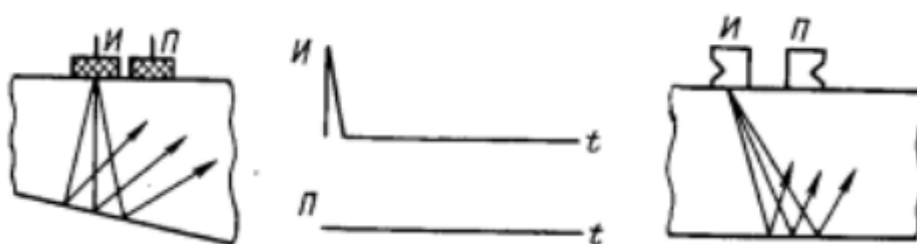


Рисунок 1.11 При непаралельних поверхнях донний сигнал відсутній.

- дефект має значні розміри, повністю перекриває ультразвуковий пучок (рис.1.12)

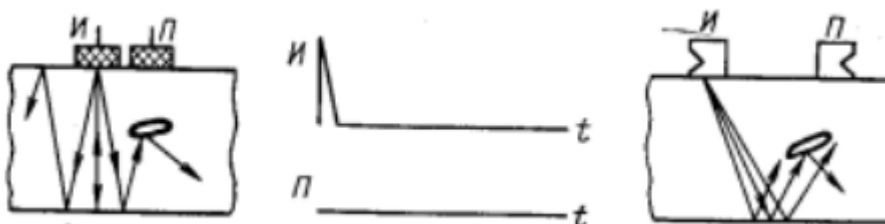


Рисунок 1.12 Донний сигнал відсутній, так як дефект повністю перекриває ультразвуковий пучок

- висота (товщина) ОД настільки велика, що внаслідок загасання ультразвукових коливань амплітуда ехо-сигналу від протилежної поверхні має дуже малу величину (рис 1.13).

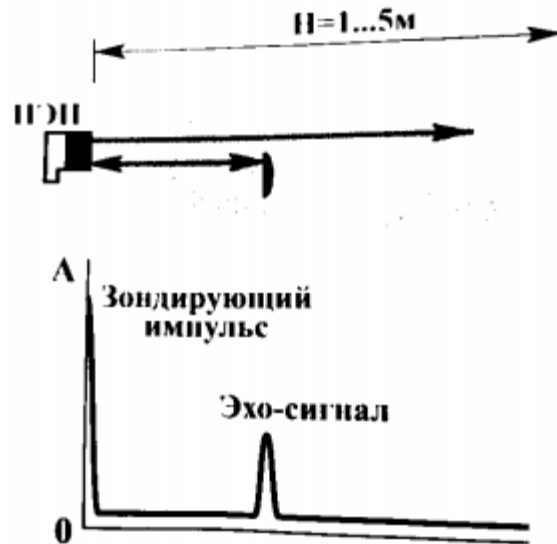


Рисунок 1.13 Відстань до протилежної поверхні значне. Донний сигнал відсутній

При контролі виробів невеликої товщини можна отримати цілу серію багаторазових перевідбиттів від плоскопаралельних стінок ОД ехоесигналів (рис. 1.14).

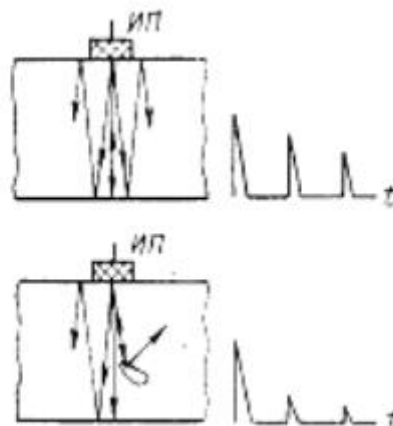


Рисунок 1.14. Багаторазові відбиття ультразвукових коливань в тонкому виробі

При похилому введенні ультразвукових коливань інтервал між зондируючим імпульсом і ехо сигналом від дефекту має наступний вигляд (рис1.15):

$c$  - швидкість поперечних ультразвукових коливань у виробі;

$\alpha$  - кут введення ультразвукових коливань;

$r$  - відстань від точки введення ультразвукових коливань

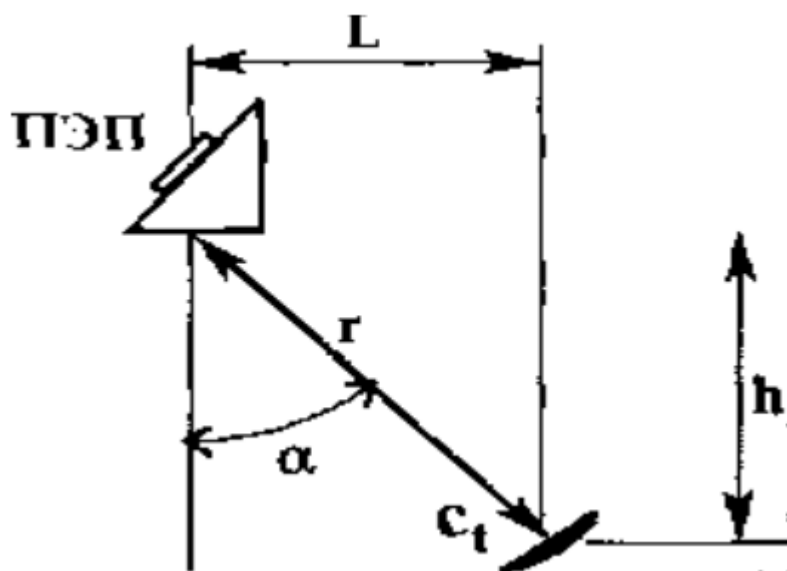


Рисунок 1.15 Введення ультразвукових коливань з допомогою похилих ПЗП

### 1.1.3 Переваги та недоліки ультразвукової дефектоскопії

Ультразвуковий контроль в промисловості використовується з 50 років минулого століття. У той час інструментами для діагностики зварних з'єднань і виявлення інших дефектів на трубопроводах служили лампові дефектоскопи та УЗ перетворювачі на основі п'єзокерамічних елементів. За минулі з того часу 70 років накопичено багатий досвід застосування ультразвукового контролю, з'явилися нові цифрові дефектоскопи нові методи НК.

#### Переваги ультразвукової дефектоскопії

- перевіряємий виріб не потрібно пошкоджувати або руйнувати;
- робота проводиться дуже швидко і недорого коштує;
- у порівнянні з деякими іншими видами дефектоскопії, наприклад, рентгенівської не представляє небезпеки для здоров'я людини;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РТ-п71. 412234. 001 ПЗ

Арк.

19



- можливість проводити контроль як металевих, так і неметалевих зразків. завдяки високій мобільності УЗ дефектоскопи для перевірки необхідного об'єкта можна доставити практично в будь-яке місце.

Недоліки ультразвукового контролю:

потрібна ретельна підготовка поверхні, перевіряемого виробу, щоб між поверхнею і приладом щоб не було навіть найменшого повітряного зазору;

- у багатьох випадках цей метод контролю не дозволяє отримати інформацію про справжні розміри дефекту;
- великі труднощі представляє контроль виробів складної форми.

При підготовці огляду використовувалися наступні матеріали [3...11].

## 1.2. Прилади, що використовуються для діагностики

Нижче будуть розглянуті сучасні прилади для ультразвукової діагностики. Вони вже мають покращені характеристики та працюють за найсучаснішими технологіями [12...15].

Існує багато ультразвукових дефектоскопів вітчизняного та зарубіжного виробництва.

### 1.2.1 Ультразвукова діагностика (УД) ручного контролю

УД ручного контролю використовують при дослідженні металоконструкцій, резервуарів, трубопроводів та зварних швів. Це легкі, ергономічні, прилади, прості у використанні та обслуговуванні. При їх використанні всі операції контролю виконує дефектоскопіст. УД 9812 (рис.1.16 - 1.18).

Дефектоскоп для контролю продукції з металів і пластмас (виливків, поковок, зварних з'єднань і т.д.) на наявність дефектів типу несплошностей і однорідності матеріалу. Прилад визначає координати дефектів, їх умовні розміри, час затримки ультразвукових сигналів.



Рисунок 1.16 Зовнішній вигляд приладу УД 9812



Рисунок 1.17 Підключення УД 9812

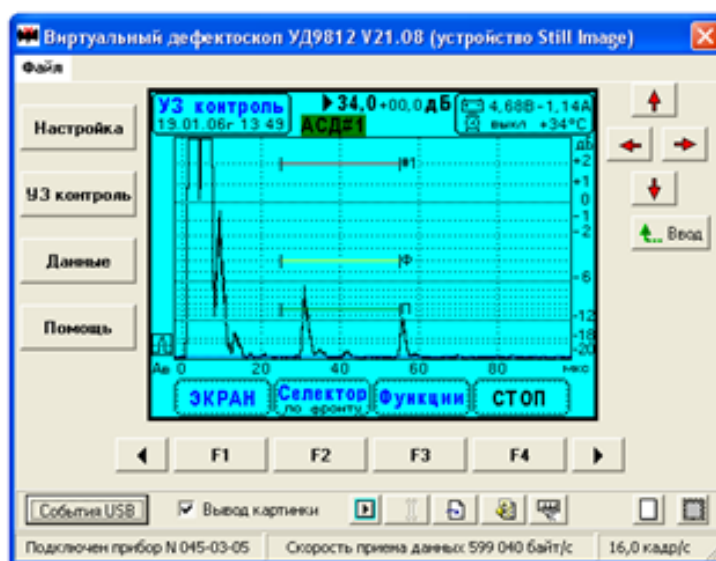


Рисунок 1.18 Вигляд екрану ПК при використанні програмного забезпечення УД 9812

УСД-60-8К. Прилад для контролю зварних швів на небезпечних промислових об'єктах відрізняється кольоровим екраном.

A1214 Expert (рис.1.19).

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Цифровий дефектоскоп для ультразвукового контролю виробів з металів і пластмас. Здійснює пошук місць корозії, внутрішніх розшарувань, тріщин і інших дефектів. Ступінь захисту приладу IP65. Може працювати в режимі визначення товщини. При роботі з приладом дефектоскопіст може залишати голосові коментарі за допомогою Bluetooth-гарнітури.



Рисунок 1.19 A1214 Expert

УД2-70 (рис.1.20).

Ультразвуковий дефектоскоп для виявлення несплошностей і неоднорідності виробів з металу і зварних швів. Визначає глибину і координати дефектів. Ступінь захисту приладу IP63. Є залізнична версія приладу для виявлення дефектів в деталях і вузлах локомотивів, в елементах колісних пар вагонів.



Рисунок 1.20 УД2-70

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

УСД-50 (рис.1.21).

Ультразвуковий дефектоскоп для контролю об'єктів машин, будівництва та енергетики. Може працювати в режимі визначення товщини, документує результати контролю. Кольорова матриця TFT роздільною здатністю 640x480.



Рисунок 1.21 УСД-50

Дефектоскопи серії ЕРОСН.

Портативні ультразвукові прилади, міцні, з рідкокристалічним кольоровим екраном. У серію входять як класичні дефектоскопи, так і дефектоскопи з фазованими решітками.

Дефектоскопи серії USM Go. Ергономічні та легкі прилади для контролю зварних швів і виробів з металу, поковок, рейок і композитних матеріалів. Ударостійкий корпус, ступінь захисту IP 67.

USM 36 (рис1.22).

Дефектоскоп для контролю зварних з'єднань та пошуку корозії в енергетиці та нафтохімічній галузі. Може використовуватися як товщиномір в автомобільній галузі. Ударостійкий корпус, ступінь захисту IP 66.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рисунок 1.22 USM 36

### 1.2.2 УД механізованого контролю

УД механізованого контролю проводять сканування об'єкта без участі оператора або з частковою його участю. Перевага цих приладів у тому, що швидкість сканування у них вище, ніж у дефектоскопів ручного контролю. В них також є автоматичне налаштування при введенні розмірів ОД.

DIO 1000 SFE (рис.1.23).

Високочастотний дефектоскоп для контролю об'єктів авіаційної, залізничної та нафтогазової галузі, а також об'єктів автомобільної та енергетичної промисловості. TOFD-сканер і перетворювачі. Може проводити контроль без застосування контактних рідин і попередньої підготовки поверхні.



Рисунок 1.23 DIO 1000 SFE УЗД

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РТ-п71. 412234. 001 ПЗ

Арк.

24

УД-21РТ. Дефектоскоп для контролю якості зварних з'єднань. Може працювати в режимі товщинометрії. Прилад розшифровує дані про якість зварних швів, корозійних пошкодженнях, товщині матеріалу. Є функція автоматичної настройки товщиноміра

УДЗ-307ВД (рис.1.24).

Комбінований дефектоскоп із застосуванням методів ультразвукового і вихреструмового контролю. Легкий (1,4 кг) і ергономічний прилад. Може працювати в режимі товщинометрії. Прилад може автоматично встановлювати швидкість УЗ, коригувати частоту проходження імпульсів і робити налаштування чутливості.

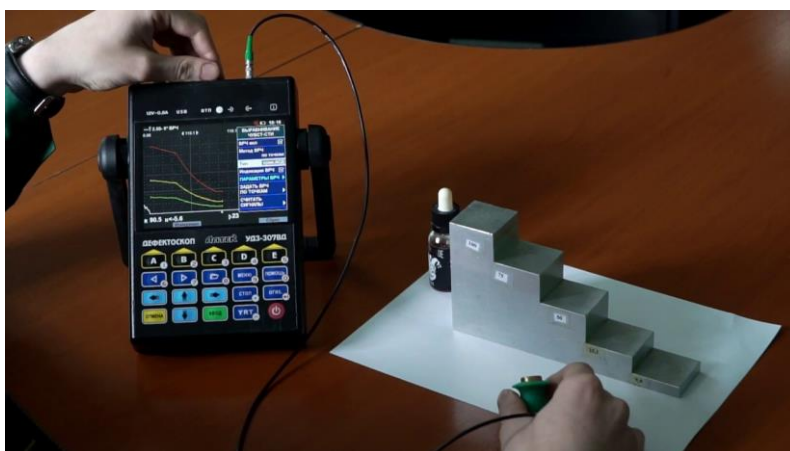


Рисунок 1.24 УДЗ-307ВД робота с DAC-кривими

УКЛ-32 (рис.1.25).

Установка для механізованого контролю листового прокату товщиною до 400 мм. Контроль проводиться при односторонньому доступі до виробу. Автоматична настройка чутливості і акустичного контакту всіх каналів. Тип дефектоскопа в установці УСД-60-8К.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25





Рисунок 1.25 Механізована установка контролю листового проката УКЛ-32, в склад якої входить дефектоскоп УСД-60-8К

ISONIC 2009 (рис.1.26).

Портативний дефектоскоп зі звичайними перетворювачами або фазованими решітками. Дефектоскопами серії можна управляти дистанційно, з віддаленого комп'ютера через Інтернет або локальну мережу.



Рисунок 1.26 ISONIC 2009

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Phasor XS. Дефектоскоп на фазованих решітках. Кольоровий секторний дисплей. Прилад відрізняється простою в управлінні, з ним може працювати фахівець, атестований на II рівень без проходження додаткового навчання.

### 1.2.3 Ультразвукові дефектоскопи автоматизованого контролю

Ультразвукові дефектоскопи автоматизованого контролю крім автоматичного сканування об'єкта також оцінюють дані контролю і складають звіт про його результати, в текстовому або графічному вигляді.

УСД-60.

Цифровий дефектоскоп для контролю споруд з бетону, композитних і інших складних матеріалів, а також для вимірювання товщини матеріалів. Може працювати в ручному і автоматичному режимі. До приладу можна підключити багатоканальну систему (до 32 каналів).

A2075 SoNet (рис.1.27).

Сканер-дефектоскоп для контролю трубопроводів без застосування контактної рідини. Працює в режимі виявлення корозії. Принцип контролю показаний на рис.1.27. Зв'язок з оператором підтримується по Wi-Fi. Сканограма трубопроводу надходить на комп'ютер оператора в режимі реального часу.

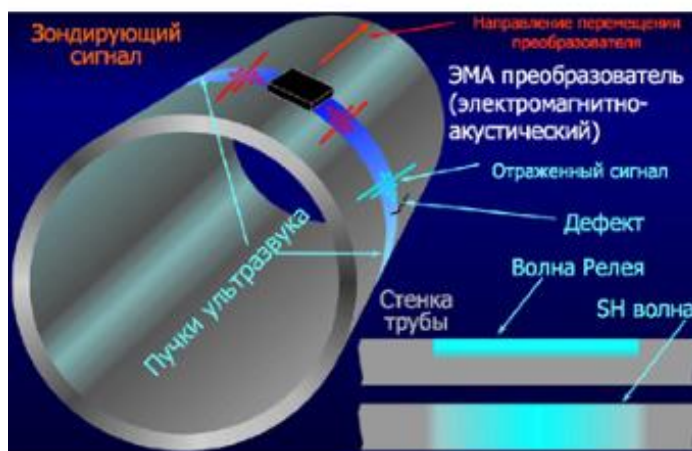


Рисунок 1.27 A2075 SoNet Принцип контролю

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27





Рисунок 1.28 A2075 SoNet. Скануючі системи

Огляд виконано на основі матеріалів [3].

### 1.3. Визначення недоліків приладу УРДО-3 та шляхів покращення

Хоча і є велика кількість сучасних дефектоскопів в Україні широко застосовується дефектоскоп моделі УРДО-3.

#### 1.3.1 Основні особливості дефектоскопу

Дефектоскоп УРДО-3 призначений для вторинного ультразвукового контролю ехо-імпульсним і зеркально-тіньовим методом. Його можна використовувати для самостійного контролю залізничних рейок в важкодоступних місцях. Він має три незалежних дефектоскопічних канали, два з яких працюють з похилими п'єзоелектричними перетворювачами для виявлення внутрішніх дефектів в головці рейки, і один – з роздільно-суміщеним перетворювачем для виявлення дефектів в шийці рейки.

Дефектоскоп виконаний на транзисторах, має невелику масу і габарити.

Основні технічні характеристики приладу:

- Частота імпульсів ультразвукових коливань  $2 \pm 0,3$  МГц;
- Частота посилок імпульсів ультразвукових коливань 300-1000 Гц;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- Напруга живлення 9 В;
- Споживання струму не більше 40 мА;
- Індикація дефектів - звукова на головні телефони.
- Запас змочуючої рідини (вода, водний розчин спирту) в баках дефектоскопів 1,5 л.
- Маса дефектоскопа, включаючи вагу рідини і батарей живлення, не більше 5,5 кг.
- Індикація результатів контролю здійснюється звуковим сигналізатором.
- індикації встановленого посилення каналу і глибини залягання дефектів виробляються по цифровому табло.

Для зручності контролю рейок і елементів стрілочних переводів електронний блок, блок перетворювачів, бак для контактної рідини закріплюються на спеціальній штанзі.

Усі складові частини та приладдя розміщуються в зручній для перенесення сумці.

Дефектоскопом УРДО-3 можна виявити наступні дефекти в рейках, покладених у колію і тих, що зберігаються на стелажах:

- поздовжні вертикальні розшарування в шийці або голівці над шийкою, розташовані по поздовжній осі рейки і зміщені від неї на  $\pm 5$  мм, довжиною 10 мм і більше, а також тріщини від волосовин в підшві рейки глибиною від 3 мм і довжиною понад 10 мм, розташовані над шийкою;
- горизонтальні розшарування металу або тріщини в будь-якому місці шийки, що заходять в неї не менше ніж на 7,5 мм), довжиною понад 10 мм;
- внутрішні горизонтальні розшарування в голівці, що розвиваються з бічної грані, розташовані над шийкою і заходять в її продовження в голівці не менш ніж на 7,5мм; перераховані дефекти в зоні болтових стиків виявляються в тому випадку, якщо довжина проекції дефекту виходить за проекцію болтових отворів більш ніж на 10 мм;
- в зоні болтових стиків виявляються тріщини в голівці через приварювання рейкових з'єднувачів) і наклонні тріщини від болтових отворів,

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

довжина проекції яких виходить за проекцію болтового отвору більш ніж на 10 мм;

- поперечні тріщини у вигляді темних і світлих плям, розташовані в голівці, над шийкою і в бічній грані головки діаметром не менше 12 мм (можна виявити і менші дефекти при оптимальному куті нахилу площини дефекту);

- дефекти типу в голівці при контролі зварних стиків.

### 1.3.2 Недоліки УРДО-3

УРДО-3 має наступні недоліки:

- погана чутливість ехометода і її нестабільність в інтервалі робочих температур;
- відсутня нормована регулювання посилення приймача (дБ);
- відсутня можливість вимірювання глибини залягання відбивачів;
- невисока продуктивність і достовірність контролю за рахунок відсутності
- незалежних каналів і немає можливості застосування спеціальних програм настройки режимів контролю і подання інформації.

Недоліком використаних в дефектоскопі методів і засобів неруйнівного контролю полягає в наступному: визначення порогового значення сигналу здійснюється за допомогою еталонного зразка з еталонним дефектом. Виявлення дефектних ділянок здійснюється шляхом порівняння сигналу по поверхні контрольованого матеріалу з граничним значенням сигналу.

Це простий і надійний метод. Однак він має принципову особливість: практично неможливо виготовити еталонні зразки з усіма варіантами характеристик внутрішніх дефектів, а значить, в результаті відбувається виявлення деякого «усередненого» дефекту і є ймовірність того що можливий пропуск небезпечних дефектів. Такий метод не враховує впливу випадкових змін властивостей контрольованих матеріалів на результати контролю.

### 1.3.3 Шляхи покращення приладу УРДО-3

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Метою роботи є розширення функціональних можливостей, зниження ваги і габаритів приладу неруйнівного контролю.

Кількість інформації, отриманої за допомогою ультразвукових ехоскопії, її точність і швидкодія визначається параметрами зондуючих імпульсів та характеристиками ультразвукових перетворювачів, а також способами і характеристиками пристроїв обробки та оцінки параметрів ехосигналів, що несуть інформацію про властивості середовищ.

Для підвищення роздільної здатності та чутливості дефектоскопу використовуються генератор зондуючих імпульсів з модуляцією частоти повторення імпульсів. Частотна модуляція дозволяє зменшити залежність від шумових перешкод і тим самим підвищити ймовірність виявлення дефектів.

При контролі рейок ручним дефектоскопом вдається розпізнавати тип виявленого дефекту шляхом зондування з багатьох ракурсів. Прозвучування металу і прийом ехосигналів здійснюють в різних напрямках, що створює передумови для розпізнавання типу виявленого дефекту.

Для полегшення процесу розпізнавання дефекту необхідно вибрати оптимальні схеми проникання, розробити алгоритм і структуру на базі сучасних інформаційних технологій.

Крім цього, необхідно розглянути можливість використання ехосигналів для формування строб-імпульсу каналу дефектоскопа.

У зв'язку з цим виникає необхідність виконання досліджень з метою визначення умов істотного зменшення впливу помилкових ехосигналів на результати контролю рейок і створення надійної системи спостереження за об'єктом.

За результатами досліджень необхідно розробити структурні схеми, аналогові блоки, алгоритми контролю залізничних рейок.

Необхідно цінити вплив таких чинників, як зміна температури і стан контакту ультразвуковий перетворювач-рейка на результати ультразвукового контролю. На основі огляду технічної літератури необхідно уточнити умови оптимального введення в метал пучка зсувних хвиль (розглянути випадок зигзагоподібного поширення зсувної хвилі, введеної під кутом  $47^\circ$ ).

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

#### 1.4 Висновки за розділом

У даному розділі розглянуті методи УЗ діагностики та сучасні прилади, що її реалізують. Описано їх особливості. Розглянуто прилад, що потребує модернізації. Проаналізовано його особливості та вказано шляхи покращення..

Таким чином потрібно:

- скласти функціональну схему модернізованого приладу;
- організувати зручну експлуатацію та технічне обслуговування засобу дефектоскопії в реальних умовах підприємства.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1. Область використання.

Пристрій ультразвукової дефектоскопії, що модернізується, використовується для ультразвукової діагностики рейок на залізничній дорозі, як прокладених в колію так і тих, що знаходяться на складі і будуть використовані для ремонту.

### 2.2. Мета та призначення розробки

Підвищення ефективності ультразвукового дефектоскопа УРДО-3 шляхом покращення його технічних та ергономічних характеристик. Розробка методики проведення дефектоскопії на основі уявлення про фізичну сутність явищ, які відбуваються при ультразвуковій дефектоскопії.

### 2.3. Виконавці

Виконавець – студент групи РТ-п71 Тимошенко Дмитро Віталійович

### 2.4 Технічні вимоги

#### 2.4.1 Радіотехнічні характеристики

При проектуванні даного пристрою необхідно врахувати такі вимоги:

- струм, що споживається не більше 40 mA;
- частота імпульсів ультразвукових коливань  $2 \pm 0,3$  МГц;
- частота посилок імпульсів ультразвукових коливань 300-1000 Гц;
- напруга живлення 9 В;
- індикація дефектів – звукова на головні телефони;
- запас змочуючої рідини (вода, водний розчин спирту) в баках дефектоскопів 1,5 л;
- маса дефектоскопа, включаючи вагу рідини і батарей живлення, не більше 5,5 кг.

#### 2.4.2 Класифікаційна характеристика об'єкту розміщення:

- а) клас використання – наземна РЕА;
- б) група використання – стаціонарна;
- в) підгрупа використання – професійна.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

#### 2.4.3 Склад РЕА та вимоги до конструкції виробу:

Конструкція має бути зручною для роботи з приладом:

- а) виріб, який проектується, складатиметься з одного блоку;
- б) наземна РЕА не критична до маси та габаритів;
- в) довільне встановлення на горизонтальній поверхні без закріплення;
- г) живлення - батарея напругою 9В;
- д) прилад необхідно розмістити в корпусі, що має мінімальні габарити та масу;
- е) установчі розміри можуть бути довільними

#### 2.4.4 Життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Для даного приладу підходить така група РЕА: портативна, призначена для тривалого переносу, працює під час руху. За цією групою визначаються уточнені дані кліматичних та механічних впливів:

- а) вібростійкість:
  - 1) діапазон частот, Гц, не регламентується;
  - 2) амплітуда віброприскорення, не регламентується;
- б) відсутність резонансу конструкції:
  - 1) діапазон частот, 10-30 Гц;
  - 2) амплітуда вібропереміщення, 0,5 - 0,8мм;
- в) ударна стійкість:
  - 1) довжина ударного імпульсу, мс, не регламентується;
  - 2) пікове прискорення, не регламентується;
  - 3) кількість ударів за хвилину, не регламентується;
- 4) загальна кількість ударів, не регламентується;
- г) міцність при транспортуванні (в упакованому вигляді):
  - 1) довжина ударного імпульсу, 5 - 10 мс;
  - 2) пікове прискорення, 5g, 10g, 25g;
  - 3) кількість ударів за хвилину 40 - 80;
  - 4) кількість ударів, не менше 13000;
- д) теплостійкість:
  - 1) робоча температура, 40°C;
  - 2) максимальна допустима температура, 55°C;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

е) холодостійкість:

1) робоча температура, 5°C;

2) максимальна допустима температура, - 40°C;

є) герметичність при опусканні у воду, м, не регламентується;

ж) захист від впливу дощу з інтенсивністю, мм/хв, не регламентується.

#### 2.4.5 Вимоги до надійності РЕА

За умовами експлуатації прилад віднесено до наземної професійної радіоелектронної апаратури.

Основними показниками надійності є:

1) середнє напрацювання на відмову  $T_{ср} = 2500$  год;

2) мінімальне значення часу відновлення працездатного стану  $T_v$  береться з інтервалу від 0,1 до 10 год, приймається  $T_v = 3$  год;

3) мінімальне значення коефіцієнту готовності – 0,99;

4) коефіцієнт, який враховує вплив механічних факторів – 1,07;

5) коефіцієнт, який враховує вплив кліматичних факторів – 1,00;

6) коефіцієнт, який враховує роботу даної системи при зниженому атмосферному тиску – 1,00.

Більш високі показники надійності для професійної РЕА не слід встановлювати, оскільки:

1) це подовжить термін фізичного зносу і він може перевищити термін морального зносу;

2) більш надійна апаратура вимагає більших затрат коштів та часу.

#### 2.4.6 Вимоги до ергономіки та дизайну

Прилад повинен бути зручним, простим, безпечним для комфортного використання, правила щоб це забезпечити:

- Електрична схема повинна виключати можливість його довільного вмикання та вимикання;

- Розташування виробів з урахуванням зручності при огляді, спостереженні, виконанням складальних робіт;

- Пожежна безпека повинна забезпечуватися у будь-яких режимах включаючи аварійний;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



- Зменшити використання легкозаймистих матеріалів;
- Застосування засобів захисту автоматичного відключення у разі порушення роботи приладу;
- Не використовувати для виготовлення виробу елементи, які здатні виділяти токсичні речовини.

2.4.7 Умови експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонтпридатності

Предбачається технічне обслуговування приладу за час експлуатації, гарантійний термін приладу не менше 6 місяців.

Необхідно керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки

Концентрація шкідливих речовин, температура, відносна вологість повітря в робочій зоні не повинні перевищувати значень, передбачених ГОСТ 12.1.005 - 76.

Обладнання та електроінструмент, які застосовуються при виконанні робіт по складанню та монтажу виробів, повинні відповідати вимогам по ГОСТ 12.2.003 - 74.

Технологічні процеси складально-монтажних робіт повинні відповідати ГОСТ 12.3.002 - 75 та галузевим стандартам на типові технологічні процеси.

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

#### 2.4.8 Вимоги безпеки РЕА.

Безпека РЕА – властивість апаратури забезпечувати відсутність небезпеки при виконанні заданих функцій в певних умовах в проміжку необхідного часу.

Вимоги безпеки і виробничої санітарії професійної РЕА забезпечуються системою засобів і заходів, що запобігають впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Небезпечний виробничий фактор приводить до травми, шкідливий - до захворювання. При цьому захист людини повинен забезпечуватися як в умовах нормальної експлуатації, монтажу, техобслуговування, зберігання й транспортування виробів, так і в умовах аварійної ситуації, викликаній випадковим порушенням правил, умов і

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

режимів експлуатації. Вимоги й норми безпеки людини визначаються системою державних стандартів по безпеці праці (ССБП), правилами й нормами по техніці безпеки, пожежній безпеці, виробничій санітарії.

До небезпечних факторів відносять небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло людини. Напругу вважають небезпечною, якщо між випробуваною частиною приладу та будь-якими полюсами джерела живлення через резистор опором 50 кОм проходить змінний струм понад 0,7 мА, або постійний струм понад 2мА.

До шкідливих факторів відносять температуру й рухливість повітря, що виходить за норми, підвищені рівні шуму й вібрації, підвищений рівень іонізуючих випромінювань, недостатню освітленість робочої зони, підвищену яскравість і пульсацію світлового потоку, прямий та відбитий блиск. Прикладами кількісних показників безпеки можуть служити: імовірність безпечної роботи протягом певного часу, час спрацьовування захисних пристроїв, опір ізоляції струму, що ведуть до частин, з якими можливе зіткнення людини, електрична міцність високовольтних ланцюгів і ін. Якісні показники безпеки: наявність пристроїв, що блокують, засобу попереджувальної сигналізації, застосування поглиначів СВЧ потужності, екранування й видалення робочого місця від джерела випромінювання, засоби індивідуального захисту.

В даному випадку внутрішня і зовнішня компоновка приладу повинна забезпечувати захист людини в умовах нормальної експлуатації, технічного обслуговування, зберігання і транспортування від дії небезпечної напруги в нормальному режимі роботи так і аварійному. Із-за відсутності електромагнітних випромінювачів, радіоелементів з великою потужністю розсіювання тепла, низьких рівнях шуму й вібрації, рухливості повітря в середині приладу, яка не виходить за норми, розміщення приладу в металевому корпусі, що забезпечує екранування, прилад не здійснює шкідливої дії на організм людини, тому він є безпечним за всіма вимогами.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМ, РОЗРАХУНКИ

### 3.1 Структурна схема та опис роботи приладу

Схема електрична структурна дефектоскопу показана на рис. 3.1.

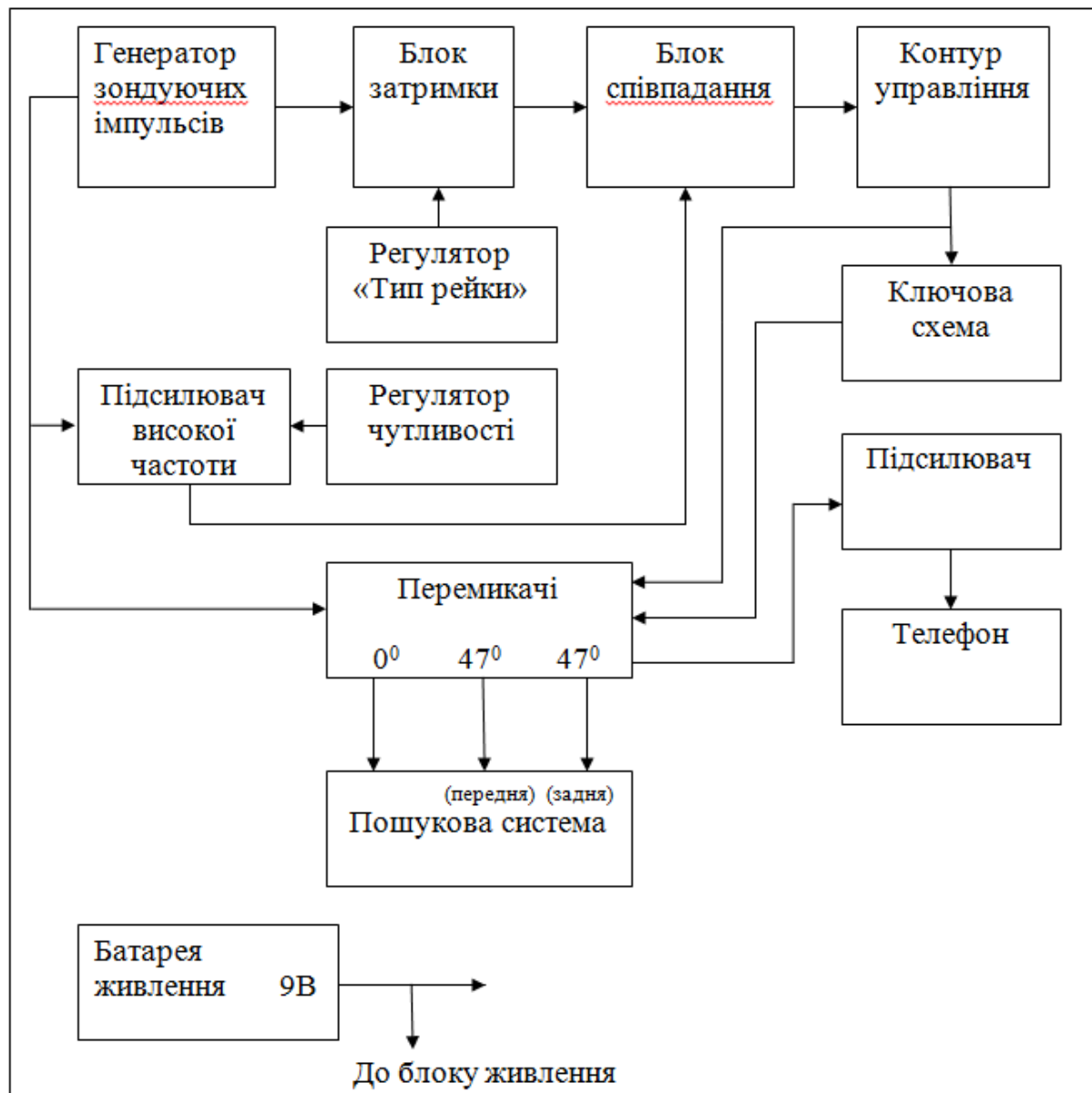


Рисунок 3.1. Структурна схема дефектоскопу ультразвукового

Дефектоскоп працює наступним чином: генератор зондуючих імпульсів (ГЗІ) живиться від блоку живлення або батареї 9В; він зібраний за схемою блокінг-генератора. В процесі роботи блокінг-генератора періодично 300 -

1000 разів/сек в п'єзоелементі шукача, підключеного до ГЗІ, генерується зонduючий імпульс, який пошукова система направляє в перевіряєму рейку (метал). При роботі з прямим шукачем по дзеркально-тіньовому методу ехо-імпульс УЗК від підшви перевіряємої рейки (металу) потрапляє через 50 - 70 мкс після генерації зонduючого імпульсу до п'єзоелементу шукача і перетворюється в електричний імпульс під впливом прямого п'єзоефекту. Паралельно до п'єзоелементу шукача включений приймач-підсилювач високої частоти (ПВЧ). Він підсилює відбитий сигнал від металу і виділяє огинаючу високочастотного (2,5 МГц) імпульсу (перший детектор).

Цей детектований імпульс, відповідний даному сигналу, пропускається блоком співпадіння і подається на контур управління, де усереднюється енергія кількох даних сигналів і виходить постійний струм для керування ключовою схемою (другий детектор, ключ).

Ключова схема в залежності від положення перемикачів, пропускає або не пропускає в телефони струм звукової частоти (сигнали від блокінг-генератора ГЗІ з частотою 300-1000 Гц) при даних сигналах з певним рівнем. Їх рівень налаштовують ручкою «Чутливість» в блоці ПВЧ. Для роботи блоку затримки з регулятором «Тип рейки» з ГЗІ подається запускаючий сигнал. Блок затримки генерує строб-імпульс, затриманий відносно моменту генерації зонduючого імпульсу на час проходження УЗК по рейці від поверхні катання і назад.

При роботі з призматичним шукачем блок співпадіння пропускає ехо-сигнали від шукачів, які за часом виникнення потрапляють в зону строб-імпульсу. Тривалість цього імпульсу – 20 мкс. Ехо-сигнал від дефекту в процесі переміщення шукача по рейці обов'язково потрапляє в зону дії строб-імпульсу і змушує спрацювати контур управління; сигнали від нього через підсилювач подаються в телефон. Тумблер SA3 змінює режим роботи дефектоскопа з дзеркально-тіньового на ехо-імпульсний, перемикає вставки в пошуковій системі (шукачі) дефектоскопа. Тональність звукових сигналів в телефоні при роботі з ехо-методу контролю (призматичний шукач) дещо інша, ніж по зеркально-тіньовому, так як в останньому випадку в телефони

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

подаються імпульси струму, що виробляються блокінг-генератором (ГЗІ). Це дозволяє на слух визначити, в якому режимі працює дефектоскоп.

Другий детектор і контур управління при роботі по дзеркально-тіньовому методу забезпечують самоконтроль всієї схеми дефектоскопа і акустичного контакту шукача з перевіряємою рейкою (металом), зменшують перешкоди від одиночних імпульсних сигналів, від яких зміг би спрацювати індикатор.

### 3.2 Принципова електрична схема та її особливості

Схема електрична принципова пристрою приведена на рис.3.2 та кресленні ЕЗ.

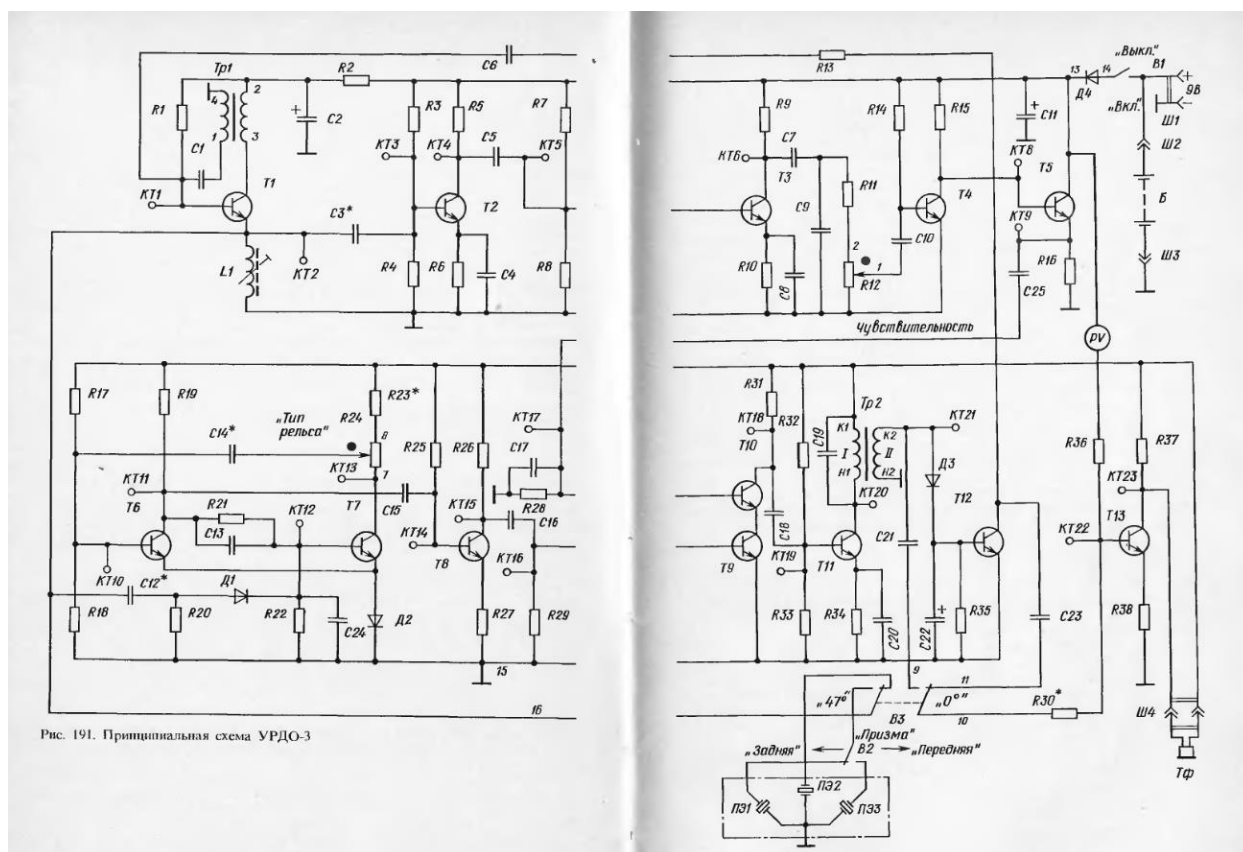


Рисунок 3.2. Схема електрична принципова скрін з книги

Дефектоскоп ультразвуковий зібраний на кремнієвих транзисторах типів КТ315 В (12 шт.) та КТ902 А (1 шт.). При підключенні живлення (тумблер SA1) починає працювати генератор височастотних електричних імпульсів, який визначає частоту посилок електричних імпульсів, збуджених в п'єзоелементах вставок шукаючої системи УЗК. Генератор, зібраний за схемою

блокінг-генератора, що генерує імпульси з великою скважністю, складається з транзистора VT1 (КТ902А), імпульсного трансформатора Т1, ємності С1, резистора R1, котушки індуктивності L1. Струм, що живить генератор, подається через розв'язуючий ланцюг R2, С2. Частота роботи блокінг-генератора в основному визначається ємністю конденсатора С1 і опором резистора R1.

Застосовується типовий імпульсний трансформатор МИТ-7, у якому використовуються тільки дві обмотки. При генеруванні імпульсу блокінг-генератором у переднього фронту позитивних імпульсів недостатня крутизна, тому не збуджуються високочастотні електричні коливання в котушці L1 і підключеному паралельно їй п'єзоелементі. У цей момент накопичується енергія в феритовому осерді котушки індуктивності L1. Задній фронт імпульсу блокінг-генератора має велику крутизну. У цей час закривається транзистор та ланцюг, що з'єднує котушку L1 з джерелом живлення.

Енергія, накопичена в магнітному полі котушки L1, збуджує в обмотці ЕРС самоіндукції, зворотно за знаком спочатку підведеної напруги батареї. За рахунок великої швидкості перетину витків котушки L1 магнітними силовими лініями при різкому відключенні струму емітера транзистора VT1 напруга ЕРС самоіндукції виходить більше, ніж підводиться від батареї через відкритий транзистор. Наприклад, у першого імпульсу негативної полярності амплітуда не менше 50 В. Паралельно котушці індуктивності L1 підключений п'єзоелемент шукача, що володіє значною ємністю (1300 пФ). Котушка L1 спільно з ємністю п'єзоелемента утворює електричний контур, що має власну резонансну частоту.

При збудженні в контурі імпульсу ЕРС самоіндукції в ланцюзі контуру (L1, ZQ2) виникають затухаючі електричні коливання з частотою  $f$ , яка визначається ємністю п'єзоелемента і індуктивністю котушки L1. Для отримання максимальної амплітуди ультразвукових коливань п'єзоелемента частота електричних коливань вибирається близькою до частоти власних механічних коливань п'єзоелемента, встановленого у вставці шукача (2 - 0,3 МГц).

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Тривалість високочастотних коливань, що становлять імпульс, спеціально обмежується до 10 мкс демпфуванням п'єзoeлементa. Електричні імпульси, що виникають в котушці L1 блокінг-генератора, дозволяють отримати в п'єзoeлементі шукача ультразвукові зондуючі імпульси, які направляються в рейки (метал), що перевіряються, через шар контактного мастила з поверхні катання. Як випливає з функціональної схеми, для роботи дефектоскопа потрібно синхронно з посилюючим зондуючим імпульсом в рейку запустити блок регульованої затримки імпульсів (генератор строб-імпульсів).

Сигнал для запуску блоку регульованої затримки імпульсів приймається з котушки індуктивності і після диференціювання ланцюгом C12, R20 подається через діод VD1 на базу транзистора VT7. Блок регулюючої затримки імпульсів зібраний на трьох транзисторах VT6, VT7 і VT8. Транзистори VT6 і VT7 включені за схемою чекаючого мультивібратора. При надходженні позитивного імпульсу з котушки L1, відповідного першому позитивному імпульсу високочастотних коливань, на нормально закритий транзистор VT7, він відкривається і завдяки зв'язку бази транзистора VT6 через ємність C14 з колектором транзистора VT7 змушує закриватись транзистор VT6. Транзистор VT6 закритий до тих пір, поки не розрядиться ємність C14 через змінний резистор R24 «Тип рейки». Транзистор VT7 повертається в початковий стан імпульсом з колектора транзистора VT6 по ланцюгу C13, R21 на базу транзистора VT7. На колекторі транзистора VT6 утворюється позитивний імпульс тривалістю 30-100 мкс залежно від положення движка змінного резистора R24. Далі цей імпульс через конденсатор C15 подається на базу транзистора VT8, який працює в режимі підсилювача.

Ємність C15 і резистор R25 утворюють диференційний ланцюг, який виділяє з П-подібного імпульсу тільки передній і задній фронти. Передній фронт імпульсу створює після диференціювання позитивний імпульс на базі транзистора VT8, а задній фронт утворює імпульс негативної полярності тривалістю 20 мкс. Остання залежить від ємності конденсатора C15 і опору резистора R25. Імпульс позитивної полярності, що надходить з диференціюючого ланцюга на базу транзистора VT8, не підсилюється, тому

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

що транзистор відкритий. Імпульс негативної полярності, потрапляючи на базу транзистора Т8, закриває його, утворюючи на колекторі посилений імпульс позитивної полярності, який далі використовується в якості строб-імпульсу в блоці збігу.

Для нормальної роботи блоку збігу (логічний елемент І) на його вхід потрібно подавати імпульси з амплітудою близько 1 В. Тому слабкі відображені ехо-сигнали від дефектів або підшви рейки перед подачею на вхід блоку збігу необхідно посилити. Для цієї мети в дефектоскопі є підсилювач з детектором і узгоджувачами. Підсилювач працює наступним чином. На вхід підсилювача (база транзистора VT2) через ємність С3 подаються всі сигнали пьезоелемента - потужний зонduючий імпульс і слабкі відбиті від дефектів сигнали. Перший каскад підсилювача виконаний на резисторах, що дає можливість підсилити сигнал приблизно в 10 разів (20 дБ). Другий каскад підсилювача теж на резисторах, працює в режимі детектування.

Високочастотна складова імпульсу ( $2 \pm 0,3$  МГц) конденсатором С9 (300 пФ) відводиться на землю (конденсатор шунтує навантаження детектора R12). Відеоімпульси (імпульси без високочастотної складової) конденсатором С10 передаються на базу видеопідсилювача (транзистор VT4). У колекторного ланцюга видеопідсилювача при роботі дефектоскопа створюються посилені імпульси позитивної полярності, що подаються на узгоджувач - емітерний повторювач (транзистор VT5). Він дозволяє підключити низькоомним вхід блоку збігу до виходу підсилювача. Коефіцієнт посилення регулюється в дефектоскопі по входу видеопідсилювача змінним дротяним резистором R12 (6,8 кОм), ручка якого «Чутливість» виведена на панель управління дефектоскопом.

Електричні імпульси позитивної полярності з узгоджувача через ємність С25 подаються на блок збігу, де сигнали селектуються по часу їх поступання. Основне завдання блоку збігу - виділити з усіх сигналів тільки відповідні даним імпульсам або ехо-сигналів від дефектів в першій зоні виникнення (40 - 60 мкс).

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Блок збігу зібраний на трьох транзисторах (VT9, VT10, VT11). Транзистори VT9 і VT10 включені послідовно. Навантаження в ланцюзі колектора транзистора VT9 - проміжок емітер - колектор транзистора VT10. Якщо транзистор VT9 відкритий (на його базу надходить строб-імпульс позитивної полярності), то в ланцюзі емітера транзистора VT10 незначний опір відкритого переходу колектор - емітер транзистора VT9 і транзистор VT10 може пропустити імпульс, що приходить на базу з підсилювача (даний або ехо-сигнали) . Якщо строб-імпульсу на базі VT9 немає, то опір ділянки колектор - емітер VT9 збільшується, а це призводить до замикання транзистора VT10 за рахунок збільшення опору в ланцюзі емітера. У цих умовах зондуючі імпульси і інші сигнали, що не належать до даних або ехо-сигналів, не проходять через транзистор VT10.

Якщо транзистор VT10 пропускає імпульси, що приходять з підсилювача, то в ланцюзі його колектора виділяються імпульси негативної полярності, які закривають транзистор VT11. У ланцюзі колектора цього транзистора включений трансформатор T2, який спільно з ємністю C19 утворює контур управління. При надходженні сигналів з підсилювача, які з'являються під час дії строб-імпульсу, ланцюг контуру управління кожного разу різко відключається транзистором VT11 від напруги живлення. У контурі управління з'являються власні коливання з частотою близьк 100 кГц, обумовлені ЄДС самоіндукції. Ці коливання, поступово затухаючи, тривають близько 10 періодів. Таким чином, зменшується скважність імпульсів і полегшується робота другого детектора, який перетворює коливання контуру управління в постійний струм, що подається на базу транзистора VT12, який при цьому знаходиться у відкритому стані і шунтує ланцюг струму звукової частоти, яка подається в телефони. Як тільки пропадають коливання контуру управління (через 2 - 3 періоди роботи дефектоскопа), в транзисторі VT12 збільшується опір переходу колектор - емітер і струм звукової частоти подається в телефони, сигналізуючи про зменшення або зникнення даного сигналу. Час затягування спрацьовування транзистора VT12 залежить від величини ємності C22 і резистора R35.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

При роботі по ехо-методу другий детектор не використовується, ехо-сигнали з контуру управління подаються через конденсатор C21 і тумблер SA3 через підсилювач на телефони. Транзистор VT13 – підсилювач струмів звукової частоти, що подаються в телефони з блокінг-генератора і з контуру управління. Режим роботи дефектоскопа по дзеркально-тіньовому або ехо-методу змінюють здвоєним тумблером SA3, який підключає до котушки L1 пряму або призматичну вставку шукача і підсилювач струму звукової частоти до ключового транзистора VT12 або до контуру управління. Призматичні вставки шукаючої системи «Передня-задня» перемикаються тумблером SA2. Напруга батареї контролює вольтметр зі шкалою па 15 В, він служить також індикатором включення дефектоскопа; є гніздо для підключення зовнішнього джерела живлення.

### 3.3 Електричний розрахунок вузла підсилення сигналу

Підсилювальний каскад виконано на біполярному транзисторі за схемою зі загальним емітером.

Для розрахунку транзисторного каскаду потрібно визначити падіння напруги на переході колектор-емітер транзистора в режимі спокою (коли відсутній вхідний сигнал). Воно вибирається таким, щоб отримати максимально неспотворений сигнал. В однотактній схемі транзисторного каскаду працюючого в режимі "А" це, як правило, половина значення напруги джерела живлення.

У емітерному ланцюзі транзистора протікає два струми – струм колектора (по шляху колектор-емітер) і струм бази (по шляху база-емітер), але тому що струм бази досить малий, ним можна знехтувати і прийняти, що струм колектора дорівнює струму емітера.

Транзистор – підсилювальний елемент. Величина підсилення визначається коефіцієнтом підсилення струму бази в схемі включення з загальним емітером (ЗЕ)  $h_{21}$ . Його значення наводиться в довідниках для конкретних типів транзисторів, причому, зазвичай в довідниках наводиться

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діапазон цих значень (наприклад, від 50 до 200). Для розрахунків зазвичай вибирають мінімальне значення (вибираємо значення - 50).

Колекторний ( $R_k$ ) і емітерний ( $R_e$ ) опір впливають на вхідний і вихідний опір транзисторного каскаду. Можна вважати, що вхідний опір каскаду  $R_{вх} = R_e h_{21}$ , а вихідний дорівнює  $R_{вих} = R_k$ . Якщо вам не важливий вхідний опір транзисторного каскаду, то можна обійтися зовсім без резистора  $R_e$ .

Номінали резисторів  $R_k$  і  $R_e$  обмежують струми, що протікають через транзистор і розсіювану на транзисторі потужність [17,18].

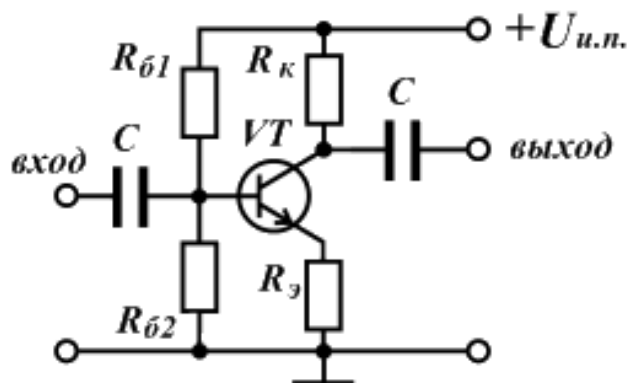


Рисунок 3.3- Схема транзисторного каскаду з ЗЕ

### 3. 3.1 Завдання.

Розрахувати транзисторний каскад з загальним емітером .

### 3.3.2 Вихідні дані:

Напруга живлення  $U_{ун} = 9$  В.

Обирається транзистор КТ315В, для нього:

$P_{max} = 150$  мВт;  $I_{max} = 150$  мА;  $h_{21} > 50$ .

Приймається  $R_k, R_e$ .

Напруга база-емітер робочої точки транзистора приймається

$U_{бе} = 0,66$  В.

### 3.3.3 Розрахунки.

1. Максимальна статична потужність, яка буде розсіюватися на транзисторі в моменти проходження змінного сигналу, через робочу точку В статичного режиму транзистора. Вона повинна становити значення, на 20

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

відсотків менше (коефіцієнт 0,8) максимальної потужності транзистора, зазначеної в довіднику.

$$P_{рас.мах} = 0,8 \cdot P_{мах}; \quad (3.1)$$

$$P_{рас.мах} = 0,8 \cdot 150 \text{ мВт} = 120 [\text{мВт}].$$

2. Струм колектора в статичному режимі (без сигналу):

$$I_{кк} = \frac{P_{рас.мах}}{U_{un} \div 2}; \quad (3.2)$$

$$I_{кк} = \frac{120}{9 \div 2} = 2,7 [\text{мА}].$$

3. Дивлячись на те, що на транзисторі в статичному режимі (без сигналу) падає половина напруги живлення, друга половина напруги живлення буде падати на резисторах

$$R_k + R_{ee} = \left( \frac{U_{un}}{2} \right) \div I_{кк0} \quad (3.3)$$

$$R_k + R_{ee} = \frac{9}{2} \div 2,7 = 1,7 [\text{кОм}].$$

З огляду на існуючий ряд номіналів резисторів, а також те, що вибрано необхідне співвідношення, обирається значення резисторів:

$$R_k = 1,2 \text{ кОм}; R_e = 360 \text{ Ом}.$$

4. Напруга на колекторі транзистора без сигналу

$$U_{кк} = (U_k U_k + I_{кк} \cdot R_{ee} = (U_{un} - I_{кк} \cdot R_{xx}) \quad (3.4)$$

$$U_{кк} = 9 - 2,7 \cdot 1,2 = 5,76 [\text{В}].$$

5. Струм бази управління транзистором

$$I_b = \frac{I_k}{h_{21}} = \frac{U_{un}}{(R_k + R_{ee} \div h_{21})}; \quad (3.5)$$

$$I_b = \frac{9}{(1200 + 360) \div 30} = 0,2 [\text{мА}].$$

					РТ-П71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

6. Повний базовий струм визначається напругою зміщення на базі, яке задається подільником напруги R61, R62. Струм резистивного базового дільника повинен бути на багато більше (в 5-10 разів) струму управління бази Іб, щоб останній не впливав на напруга зсуву. Вибирається струм дільника в 10 разів більшим струму управління бази

$$I_{дб} = 10 \cdot I_b ; \quad (3.6)$$

$$I_{дб} = 10 \cdot 0,8 = 8 [мА].$$

Тоді повний опір резисторів

$$R_{бб} + R_{бб} = \frac{U_{un}}{I_{дб}} ; \quad (3.7)$$

$$R_{бб} + R_{бб} = \frac{9}{0,0006} = 15000 [Ом];$$

7. Напруга на емітері в режимі спокою (відсутності сигналу).

При розрахунку транзисторного каскаду необхідно враховувати: напруга бази-емітера робочого транзистора не може перевищити 0,7 В.

Напруга на емітер в режимі без вхідного сигналу приблизно дорівнює

$$U_e = I_{к0} \cdot R_{ee} , \quad (3.8)$$

де I<sub>к0</sub> - струм спокою транзистора.

$$U_e = 0,002 \cdot 360 = 0,72 [В].$$

8. Напруга на базі

$$U_b = U_e + U_{ббe} \quad (3.9)$$

$$U_b = 0,72 + 0,66 = 1,56 [В].$$

Звідси, через формулу дільника напруги знаходиться

$$R_{бб} = \frac{(R_{бR} + R_{бб2} \cdot U_b)}{U_{un}} ; \quad (3.10)$$

$$R_{бб} = \frac{15000 \cdot 1,66}{9} = 2,6 [кОм].$$

$$R_{бб} = (R_{бR} + R_{бб2} - R_{бб2} \quad (3.11)$$

$$R_{бб} = 15000 - 2600 = 12 [кОм] .$$

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

9. Розділюючі конденсатори вибирають виходячи з необхідної амплітудно-частотної характеристики (смуги пропускання) каскаду. Для нормальної роботи транзисторних каскадів на частотах до 1000 Гц необхідно вибирати конденсатори номіналом не менше 5 мкФ.

На нижніх частотах амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) каскаду залежить від часу перезарядження розділюючих конденсаторів через інші елементи каскаду, в тому числі і елементи сусідніх каскадів. Ємність повинна бути такою, щоб конденсатори не встигали перезаряджатися.

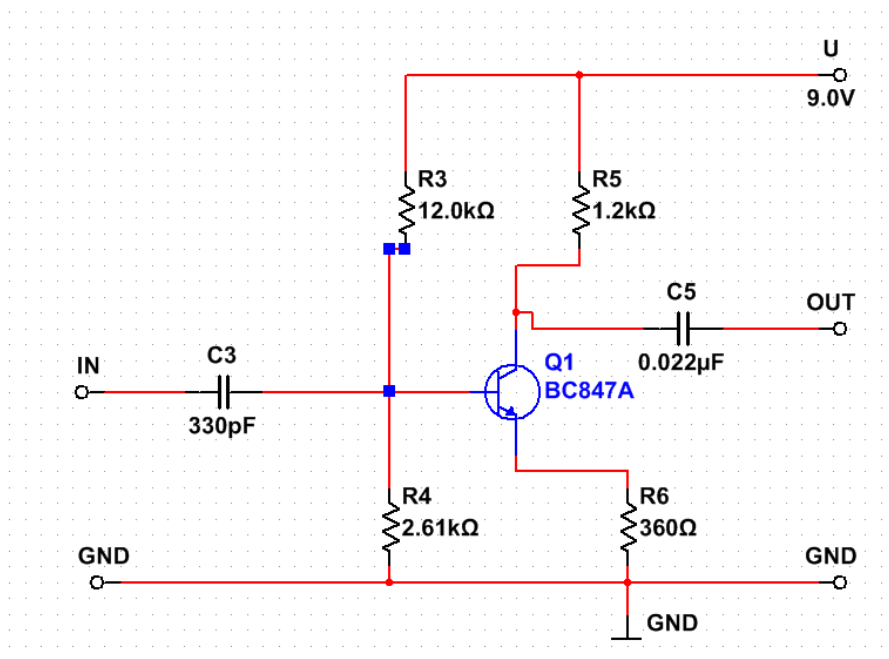


Рисунок 3.4 Транзисторний каскад (скрін з програми Simulink)

#### Висновки.

Для схеми (рис.3.4) вибрані радіоелементи : транзистор КТ315В, резистори МЛТ 0,25 з опорами  $R_3=12$  кОм,  $R_4=2,6$  кОм,  $R_5=1,2$  кОм,  $R_6=360$  Ом.

### 3.4 Розрахунок часових інтервалів строб імпульсу

Швидкість звуку.

Точність вимірювання товщини і розташування дефектів в значній мірі залежить від правильного завдання швидкості ультразвуку в матеріалі. Швидкість залежить від фізичних характеристик матеріалу і його температури.

Часові інтервали задаються з урахуванням конструктивних особливостей установки робочої головки з п'єзошукачів, кутом введення ультразвукового променя і швидкості ультразвуку в матеріалі рейки. Оптимальна відстань від зони контролю до п'єзоперетворювача  $L$  становить 9,6 товщини  $H$  [12], наприклад для  $H = 60$  мм.

$$L = 9,6 \cdot H = 9,6 \cdot 15 = 576 \text{ мм.} \quad (3.12)$$

Швидкість ультразвуку в сталі складає  $V = 5920$  м / сек. Для такої швидкості період розгортки, з урахуванням прямого і зворотного ходу ультразвукового променя буде

$$T = 2 \cdot L / 5920 \text{ м / сек} = 195 \text{ мксек} \quad (3.13)$$

Ширина зварного шва  $D$  для товщини  $H = 60$  мм.  $D = 60$  мм., Таким чином тривалість строб-імпульсу буде

$$T = 2 \cdot D / 5920 \text{ м / сек.} = 20 \text{ мксек} \quad (3.14)$$

### 3.5 Обчислення еквівалентної площі відбивача

Для обчислення еквівалентної площі відбивача необхідно знати:

$\alpha$  - кут введення УЗК в матеріал;

$v$  - швидкість поширення УЗК в матеріалі;

$f$  - частота перетворювача;

$R$  - радіус бокового свердління;

$x$  - глибина залягання дефекту;

$g$  - довжина проходження УЗК до дефекту по променю;

$\lambda = v / f$  - довжина хвилі в матеріалі;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$r_0$  - довжина ближньої зони перетворювача;

$\pi = 3,1415$  - константа;

$S_p$  - ефективна площа перетворювача;

$L_{pr}$  - довжина шляху в призмі (для приблизного розрахунку можна вважати рівним 0);

$v_{pr}$  - швидкість УЗК в призмі.

$$L_{pr} = \frac{T_{pr} \cdot v_{pr}}{2} \cdot \frac{v_{pr}}{v} \quad (3.15)$$

$$r = L_{pr} + \frac{x}{\cos[\alpha]} \quad (3.16)$$

$$r_0 = \frac{S}{\lambda \cdot \pi} \quad (3.17)$$

Еквівалентна площа відбивача для бокового свердління:

$$S = \lambda \cdot \sqrt{\frac{R \cdot r}{4}} \quad (3.18)$$

Для площини (кута):

$$S = \frac{r \cdot \lambda}{2} \quad (3.19)$$

$$\lambda = 5.9/2 = 2.95 \text{ мм};$$

$$r = 44 - \frac{6}{2} = 61.70 \text{ мм}$$

$$S = 2.95 \sqrt{\frac{\frac{6}{2} \times 41}{4}} = 16.36 \text{ мм}^2$$

					РТ-П71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



Розрахунок приблизної еквівалентної площі бічного свердління зразка СО-2 діаметром 6 мм і глибиною залягання 44 мм для похилого датчика з кутом введення 47° і з частотою 2 МГц:

$$\lambda = 3.2 / 2 = 1.6 \text{ мм};$$

$$r = \frac{44}{\cos(47^\circ)} - \frac{6}{2} = 61.7 \text{ мм}$$

$$S = 1.6 \sqrt{\frac{\frac{6}{2} \times 61.7}{4}} = 10.88 \text{ мм}^2$$

Висновок: в результаті розрахунку приблизна площа бічного свердління буде дорівнювати 10,88 мм<sup>2</sup>

### 3.6 Вибір основних та допоміжних матеріалів.

При виготовленні друкованої плати застосовуються ряд матеріалів, які можна розділити на дві групи – основні та допоміжні.

До основних відноситься матеріал друкованої плати, а до допоміжних – припій, флюс, спиртонефрасова суміш. Для виготовлення основи ДП застосовуються такі матеріали, як гетинакс, склотекстоліт.

Склотекстоліт - шаруватий пресований матеріал, що складається з кількох шарів склотканини, просоченої фенольно-епоксидними смолами. Склотекстоліт виготовляється таких марок: СТ-Б, СТ-1, СТЕ. Склотекстоліт має підвищену вологостійкість, та кращі електричні та механічні параметри в порівнянні з гетинаксом, але гірше піддається механічній обробці і дорожчий за гетинакс у кілька разів. Для виготовлення друкованої плати проектуемого пристрою найбільш доцільно використати склотекстоліт товщиною 1,5 мм з мідним фольговим покриттям, односторонній товщиною 35 мкм типу СФ-1-35-1,5 ГОСТ 10316-78.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Для монтажу виробу використовується багатожильний гнучкий монтажний дріт МГШВ перерізом 0,35 мм ТУ-16-505437-82. Він багатожильний з двома шарами ізоляції - з триацетатного шовку та полівінілхлоридного.

При електромонтажі контактні виводи ЕРЕ з'єднуються за допомогою монтажних дротів або друкованих провідників на друкованій платі. Практично завжди обов'язковим видом робіт при виконанні електромонтажу являється пайка.

Під механічним монтажем розуміють виконання різних роз'ємних і нероз'ємних механічних з'єднань окремих вузлів і блоків. Роз'ємні з'єднання виконуються за допомогою різьбового кріплення - гвинтів, болтів, гайок, шпильок, хомутиків різної форми і конструкції. Нероз'ємні з'єднання виконуються склеюванням, пайкою, зварюванням тощо.

Для пайки застосовуються припій і флюс. В залежності від температури плавлення припої поділяються на тугоплавкі (тверді) та легкоплавкі (м'які).

Тверді припої використовуються для пайки латуні, сталі, алюмінію та інших металів.

Припої, які застосовуються при пайці монтажних з'єднань, відносяться до групи легкоплавких, їх температура плавлення 200..300° С. Припій - це сплав, що виконує роль зв'язки в паяному з'єднанні. Вибір марки припою залежить від необхідної температури плавлення, типу і розмірів спаюємих деталей, товщини проводів, вимог до механічної міцності пайки та економічних міркувань. Чим більше вміст олова в припої, тим більше його вартість. Для пайки виводів напівпровідникових приладів застосовують припій ПОС-61, оскільки він має низьку температуру плавлення (190°С), забезпечує високу міцність пайки.

Для отримання гарної, міцної пайки спаюємі місця повинні бути абсолютно чистими. Це досягається шляхом зачистки спаюємих поверхонь і застосуванням при пайці флюсів. Флюси використовуються для розчинення та

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

видалення окислів і забруднень з поверхні спаюємих деталей та для запобігання їх окислення в процесі пайки.

Флюси бувають хімічноактивні (на основі кислот) та хімічно неактивні (на основі каніфолі). Хімічноактивні флюси при електромонтажі РЕА застосовуються дуже рідко, оскільки з часом викликають корозію пайок, порушення контактів тощо. В основному при електромонтажі РЕА, особливо професійної, застосовують хімічно неактивні флюси. Широко застосовуються антикорозійні безкислотні флюси і каніфоль, а також флюси на її основі та спирт, гліцерині). Наприклад, флюс ФКТ, який містить 15–28% каніфолі, а решту складає етиловий спирт.

Для полегшення електромонтажних робіт промисловістю випускається припій у вигляді трубок різних діаметрів від 1 до 5 мм, заповнених каніфоллю. При його застосуванні додаткові флюси при пайці не потрібні.

Отже, для проведення електромонтажу друкованого вузла дефектоскопу застосовується припій ПОС–61 ГОСТ 21931–76, виготовлений у вигляді трубок, заповнених каніфоллю.

Для нанесення написів на друковану плату застосовується емаль ЕП-140, чорного кольору ГОСТ 9640-85. Для захисту відкритих струмопровідних частин оптимальним матеріалом є поліхлорвінілові трубки МРТУ 6-05-919-63. Основні фізичні і хімічні характеристики: щільність  $1,2 - 1,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, робоча температура - 40..+700С, питомий об'ємний опір  $1 \cdot 10^{11}$  Ом•см. Виготовляють відрізною.

Для виготовлення друкованої плати хімічним негативним методом застосовується плівковий фоторезист.

Для процесу травлення фольгованої заготовки застосовується розчин хлорного заліза ГОСТ 56745-79.

Для захисту друкованої плати від кліматичних факторів застосовують лаки. Електроізоляційні лаки є розчинами плівкоутворюючих речовин в органічних розчинниках. Шар лаку, нанесений на тверду поверхню, поступово твердне, утворюючи лакову плівку – гнучку чи крихку – в залежності від складу лаку. В якості розчинників використовують речовини, що легко

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

випаровуються – бензол, толуол, ацетон, спирти. До плівко утворюючих речовин відносяться полімери (полістирол, полівінілхлорид) і смоли (бакелітові, епоксидні і ін.).

Покровні лаки застосовують для створення на поверхні плат електроізоляційних покриттів товщиною 0,04 – 0,2 мм великої суцільності – без пор. Лаки, що затверділи, мають вологостійкі властивості і стійкі до інших впливів.

Для захисту друкованої плати дефектоскопу ультразвукового застосовується лак УР -231 ТУ8010 – 863 – 86.

### **3.7 Вибір інструментів, пристосувань, оснастки.**

Для виконання складання і монтажу друкованого вузла дефектоскопу застосовується наступне обладнання та інструменти:

- 1) тара для комплекту деталей, необхідних для складання та монтажу одного друкованого вузла 14ВС–2083;
- 2) тара для фарби та розчинника місткістю 0,2...0,3дм<sup>2</sup> 5764–32Н;
- 3) трафарет для нанесення крізь нього децимального та технологічного кодів 8765–1729;
- 4) пензлик для нанесення фарби КХЖК №3 ОСТ 92-888-81;
- 5) ванна лакування 4568 - 8751;
- 6) тара для комплекту деталей 5764 – 4311;
- 7) формовочний автомат або установка формовки 4134 (рис.3.1);
- 8) установка для укладки ЕРЕ з осьовими виводами на плату;
- 9) вана для лудження Pro'sKit SS-554В;
- 10) універсальний прилад для проведення контролю працездатності;
- 11) кусачки бокові 160 мм;
- 12) лінійка 150мм ГОСТ 427–75;
- 13) лінія пайки паяльною станцією СТ-933
- 14) ножиці ТУ 64-1-78.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Рисунок 3.5 Формовочний автомат



Рисунок 3.6 Лінійка 150 мм



Рисунок 3.7 Кусачки бокові 160 мм



Рисунок 3.8 Установка формовки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РТ-п71. 412234. 001 ПЗ

Арк.

56

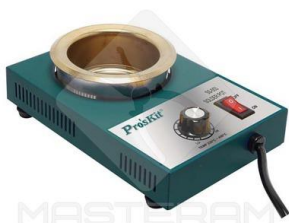


Рисунок 3.9 Вана для лудження  
Pro'sKit SS-554B



Рисунок 3.10 СТ-933 паяльна  
станція 55Вт

### 3.8 Висновки за розділом

Запропоновано, розроблено та досліджено схемотехнічне рішення. Проведені розрахунки вузла підсилювача та розрахунки, що підтверджують працездатність.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## 4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИЛАДУ

### 4.1 Вибір та обґрунтування конструкції

Описуючи концепцію розробки конструкції пристрою, що проектується, необхідно висвітлити такі основні моменти:

- 1) корпус алюмінієвий сріблястого кольору, пояснювальні написи – чорні. Має трубчасту форму. Для збірки використовується болтове з'єднання;
- 2) метод проектування дефектоскопу – моносхемний;
- 3) кількість друкованих плат в дефектоскопі - одна, одностороння;
- 4) плата в середині корпусу розміщуватиметься горизонтально;
- 5) спосіб механічного закріплення плати - гвинтами через отвори;
- 6) електричне приєднання плати відбуватиметься провідниками ;
- 7) спосіб охолодження природний;
- 8) захист від механічних навантажень не здійснюватиметься;
- 9) захист приладу від інших агресивних факторів не виконуватиметься;
- 10) живлення приладу здійснюватиметься від батареї або блоку живлення 9В ;
- 11) заземлення прилад не потребує.

### 4.2 Компоновка приладу

#### 4.2.1 Внутрішня компоновка дефектоскопу.

В середині корпусу пристрою знаходиться одна друкована плата розміром (350x35)мм. Плата кріпиться до нижньої частини корпусу за допомогою гвинтів. Там же знаходиться джерело живлення.

#### 4.2.2 Зовнішня компоновка приладу

Принципи зовнішньої компоновки.

Якість зовнішнього оформлення залежить від того, наскільки вдало засобами дизайну забезпечується єдність форми. Виріб або його елементи можуть бути статичні, динамічні, мати різні декоративні елементи, кольорові рішення.

Для дефектоскопа спроектовано корпус з алюмінію у вигляді труби, довжиною 400 мм та діаметром 50 мм, який з'єднаний з корпусом управління.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Гнізда включення живлення, вихідних сигналів виходять з боків цього корпусу. Всі кнопки, вхід мікрофону, тумблер живлення і змінний резистор дефектоскопу встановлені на передній панелі корпусу управління. В дефектоскопі на передню панель також кріпляться роз'єми для підключення п'зоелементів та індикатор живлення.

Написи на передній панелі і позначення гнізд живлення виконані чорною фарбою. Зовнішній вигляд показано на рис.4.1. та на рис.4.2.



Рисунок 4.1. Зовнішня компоновка приладу (вигляд збоку).



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РТ-п71. 412234. 001 ПЗ

Арк.

59



Рисунок 4.2 Зовнішня компоновка приладу (вигляд з боку ультразвукових випромінювача та приймача).

Для дефектоскопа спроектовано корпус з алюмінію у вигляді труби, довжиною 400 мм та діаметром 50 мм, який з'єднаний з корпусом управління. Гнізда включення живлення, вихідних сигналів виходять з боків цього корпусу. Всі кнопки, вхід мікрофону, тумблер живлення і змінний резистор дефектоскопу встановлені на передній панелі корпусу управління. В дефектоскопі на передню панель також кріпляться роз'єми для підключення п'зоелементів та індикатор живлення.

Написи на передній панелі і позначення гнізд живлення виконані чорною фарбою.

#### 4.3. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

Для корпусу дефектоскопу вибираємо алюміній. Алюміній – легкий метал, його питома вага 2,703 г/см<sup>3</sup> при 20°С. Тому алюміній є основою сплавів для легких конструкцій, наприклад в авіаційній техніці. Чистий алюміній має високу корозійну стійкість у зв'язку з утворенням на його поверхні стійкою і щільною окисної плівки Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ця властивість зберігається і в багатьох сплавах, що містять алюміній у вигляді легуючих елементів, наприклад, марки АК12 (АЛ2) ГОСТ 11069-74.

Для виготовлення друкованої плати використовують склотекстоліт фольгований односторонній з товщиною мідного фольгованого покриття 35мкм, товщина листа 1,5 мм СФ - 1 – 35 – 1,5 ГОСТ 10316 -78.

Корпуси будуть покриті ґрунтовкою ВЛ-02 ГОСТ 12707-77. На корпусі написи виконують емаллю ЕП-140 – двокомпонентна, що складається з епоксидної основи і затверджувача. Процентне співвідношення основи і затверджувача 75 масових частин фарби на 25 частин затверджувача.

#### 4.4 Висновки за розділом

Запропоновано та розроблено зручну для користування конструкцію дефектоскопа, яка ви зготовлена з дешевих та широкоживаних матеріалів.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## 5 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

### 5.1 Вибір пасивних елементів

#### 5.1.1 Вибір резисторів

Резистори МЛТ-0,25 постійні, металоплівкові, лаковані, теплостійкі.

Металодіелектричні з металоелектричним провідниковим шаром, неізолювані, для навісного монтажу. Призначені для роботи в електричних ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струмів.

Основні технічні характеристики:

- діапазон номінальних опорів: 1 Ом ... 10 МОм;
- номінальна потужність: 0,25 Вт;
- граничне напруга: 250 В;
- діапазон температур: -60 ... + 70 °С.

Резистори СПЗ-9а змінні, підстроєчні, недротані.

Лакоплівкові, композиційні одинарні циліндричні, однооборотні, з круговим переміщенням рухомої системи з фіксацією на панелі, для навісного монтажу. Призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струмів.

Основні технічні характеристики резисторів СПЗ-9а:

- діапазон номінальних опорів: 1 кОм ... 4,7 МОм;
- номінальна потужність: 0,5 Вт;
- граничне напруга: 250 В;
- допустимі відхилення опорів:  $\pm 10$ ;  $\pm 20$ ;  $\pm 30\%$ ;
- діапазон температур: -60 ... + 40 °С.

#### 5.1.2 Вибір конденсаторів

Вибираємо конденсатори типів К53-21, КМ - 6а, КД - 1 та КМ 6-1.

К53-21 - це конденсатори оксидно-напівпровідникові ніобієві захищені полярні. Застосовуються для автоматизованої і ручної збірки. Призначені для роботи в ланцюгах постійного, пульсуючого і імпульсного струмів.

Основні параметри конденсаторів К53-21:

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

- номінальна напруга : 6,3 ... 32 В;
- номінальна ємність 0,47 ... 100 мкФ;
- допустимі відхилення ємності :  $\pm 20 \%$  ;  $\pm 30 \%$ ;
- інтервал робочих температур : -60 ... +85 ° С.

Конденсатор КМ - 6а .

Конденсатор КМ - 6а керамічний монолітний. Випускаються ізольований з однонаправленими виводами. Призначений для роботи в ланцюгах постійного , змінного струмів і в імпульсних режимах .

Основні параметри конденсаторів КМ - 6а :

- діапазон номінальних ємностей : 120 пФ ... 2,2 мкФ;
- номінальна напруга : 25 , 35 , 50 В;
- допустимі відхилення ємності :  $\pm 2$  ;  $\pm 5$  ;  $\pm 20$  ; +50 ...- 20 ; +80 ...- 20 %;
- діапазон температур : -65 ... + 125 ° С.

Конденсатори КД-1.

Конденсатори КД - 1 керамічні дискові .

Виготовляються в двох варіаціях : для ручної і автоматизованої збірки .

Призначені для роботи в ланцюгах постійного , змінного , синусоїдального і імпульсного струмів .

Основні параметри конденсаторів КД - 1 :

- діапазон номінальних ємностей : 1 ... 2200 пФ;
- номінальна напруга : 100 ... 250 В;
- діапазон температур : -65 ... + 85 ° С .

КМ 6-1 1 мкФ Н90.

Конденсатори КМ 6-1 керамічні монолітні .

Випускаються ізольовані з однонаправленими виводами .

Призначені для роботи в ланцюгах постійного , змінного струмів і в імпульсних режимах .

Основні параметри конденсаторів КМ 6-1 :

- діапазон номінальних ємностей : 120 пф ... 2,2 мкФ;
- номінальна напруга : 25 , 35 , 50 В;
- група ТКЕ : ПЗЗ ; М47 ; М75 ; М750 ; М1500 ; Н50 ; Н90;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

- діапазон температур : -65 ... + 125 ° С;

### 5.1.3 Вибір діодів

Діод КД503Б.

Характеристики:

- тип діода імпульсний;
- максимальна постійна зворотна напруга 30В;
- максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм 0,015А;
- максимальний час відновлення 0,01мкс;
- максимальна імпульсна зворотна напруга 30В;
- максимально допустимий прямий імпульсний струм 0,2А;
- максимальний зворотний струм 4мкА;
- максимальна пряма напруга 1,2В;
- робоча частота 350 кГц;
- робоча температура -60 ... 125°С.

Діод ДЗ10 германієвий дифузний.

Випускається в металоскляному корпусі з гнучкими виводами.

Характеристики:

- маса діода не більше 0,5 грам.
- постійна пряма напруга при  $I_{пр} = 0,5$  А, не більше:
  - а)при 24,85 °С 0,55 В;
  - б)при -60,15°С 0,7 В;
- імпульсна пряма напруга при:
  - $I_{пр}, i = 0,8$  А,  $I_{та} = 1 \div 3$  мкс, не більше: 2,4 В;
- постійний зворотний струм не більше:
  - а)при  $U_{зв} = 25$  В 30 мкА;
  - б)при  $U_{зв} = 20$  В -60,15 ° С і 24,85 ° С 20 мкА;
  - в)при 69,85 ° С 150 мкА;
- загальна ємність діода при  $U_{обр} = 20$  В, не більше 15 пФ.

### 5.1.4 Вибір трансформатора

Трансформатор МИТ-7.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Малогабаритні імпульсні трансформатори МИТ-7 з підвищеною вологостійкістю випускаються 11 типономиналов одного конструктивного виконання з однією, двома або трьома вторинними обмотками.

Основні технічні характеристики трансформаторів типу МИТ:

- тривалість імпульсів від 0,04 до 4 мкс;
- частота проходження імпульсів від 0,1 кГц до 10 кГц;
- струм намагнічування від 45 до 210 мА;
- максимально допустима робоча напруга до 300 В;
- максимально допустимий струм в обмотках (імпульсний) до 2 А;
- опір ізоляції між обмотками не менше 5000 МОм;
- температура навколишнього середовища  $-60 \dots + 85^{\circ} \text{C}$ ;
- мінімальне напрацювання 100000 годин.

## 5.2 Вибір активних елементів

### 5.2.1 Вибір транзисторів

Транзистор КТ902А. Високочастотний, високопотужний.

Характеристики:

- тип матеріалу : Si (кремній);
- полярність : NPN;
- максимальна потужність, що розсіюється 30Вт;
- максимально допустима напруга колектор - база 65В;
- максимально допустима напруга колектор - емітер 65В;
- максимально допустима напруга емітер - база 5В;
- максимально постійний струм колектора 5В;
- гранична частота коефіцієнта передачі струму 35;
- ємність колекторного переходу 300 пФ.

Транзистор КТ315В. Високочастотний , малопотужний.

Характеристики:

- тип матеріалу : Si;
- полярність : NPN;
- максимальна потужність, що розсіюється 0.15Вт;
- максимально допустима напруга колектор-база 20В;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

- максимально допустима напруга колектор-емітер 20В;
- максимально допустима напруга емітер-база 6В;
- максимально постійний струм колектора 0,1А;
- ємність колекторного переходу 7 пФ;
- статичний коефіцієнт передачі струму 50.

Для розділу використовувались матеріали[13].

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## 6 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

Друкована плата — пластина, виконана з діелектрика (склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал тощо), на якій (або всередині якої) сформований хоча б один шар з провідними доріжками. На друковану плату монтуються електронні компоненти, які з'єднуються своїми виводами з елементами провідного рисунка паянням, або, значно рідше, зварюванням, у результаті чого складається електронний модуль — змонтована друкована плата.

### 6.1 Вибір типу друкованої плати

Для виготовлення даного виробу вибирається одностороння друкована плата (ОДП).

ОДП: дають можливість забезпечити підвищену точність рисунку; навісні ЕРЕ розміщуються з протилежного боку, що дозволяє застосовувати прогресивні методи пайки і відпадає необхідність в ізоляції корпусів ЕРЕ; можна використовувати перемички; низька вартість; низька щільність монтажу.

Розробка схеми дозволяє без особливих затруднень розмістити ЕРЕ на платі, та з'єднати їх друкованим монтажем. при трасуванні друкованої плати (багато перетинів, які не усуваються), тоді варто проаналізувати, чи не зменшать кількість перетинів інші варіанти встановлення того чи іншого ЕРЕ, і, якщо це не вплине негативно на технологічність, вибрати їх.

Як матеріал основи застосовують діелектрики або покриті діелектриком метали. Діелектрики підрозділяють на шаруваті і не шаруваті.

Шаруваті бувають фольговані та нефольговані. У якості основи у шаруватих пластиках використовується електроізоляційний папір або склотканина. Їх просочують фенольною або феноло-епоксидною смолою. Фольгування діелектриків з однієї чи з двох сторін здійснюється пресуванням при температурі 160... 180°C та тиску 5... 15 МПа. Ці діелектрики випускаються промисл основою з однієї сторони окисдована або покрита

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

шаром хрому (1... 3 мкм). Товщину фольги стандартизовано і вона має значення 5, 18, 35, 50, 70, 105 мкм.

Найчастіше застосовують гетинакс і текстоліт.

Вибирається для друкованої плати дефектоскопу склотекстоліт, фольгований мідною фольгою односторонній СФ-1-35-1,5 ГОСТ 10316–78

## 6.2 Вибір форми та розрахунок розміру друкованої плати

Розрахунок необхідної площі плати і вибір її розмірів.

Спочатку розраховується необхідна площа  $S_m$  для розміщення ЕРЕ, для цього знаходиться сума встановлювальних площ всіх ЕРЕ згідно з вибраними варіантами їх встановлення.

Знайшовши таким чином необхідну площу плати, визначаються розміри її сторін. При цьому враховуються допустимі розміри плати, виходячи з вибраного класу точності та щільності, допустимих габаритів приладу, максимального співвідношення сторін, умов експлуатації та виду і кількості плат. Доцільно вибирати розміри сторін плати із стандартного ряду розмірів (ОСТ 4.010.020–83).

Характеристики елементів наведені в табл.6.1.

Визначивши встановлювану площу кожного ЕРЕ, визначається необхідна площа для їх встановлення

Визначивши встановлювану площу кожного ЕРЕ, визначається необхідна площа для їх встановлення

$$S_m = 4S_{мг} + 3 S_{сг} + 1,8 S_{кг}, \quad (6.1)$$

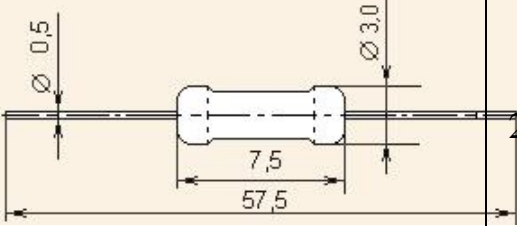
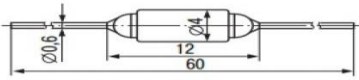
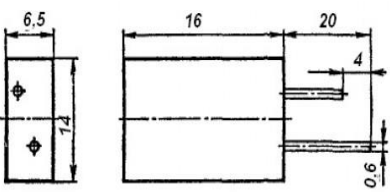
де  $S_{мг}$  – площа малогабаритних ЕРЕ;

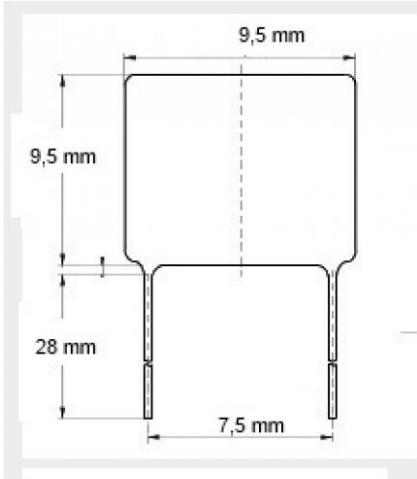
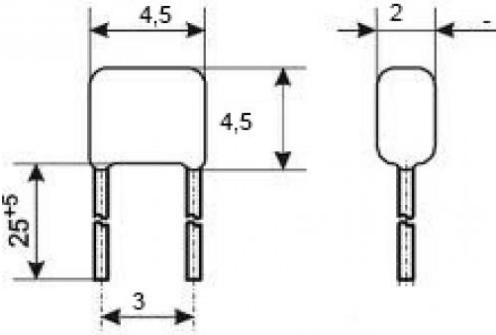
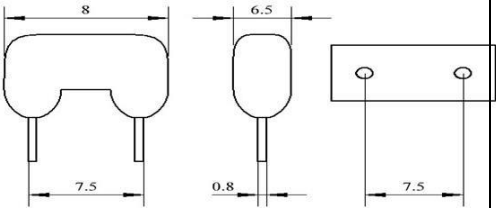
$S_{сг}$  – площа середньогабаритних ЕРЕ;

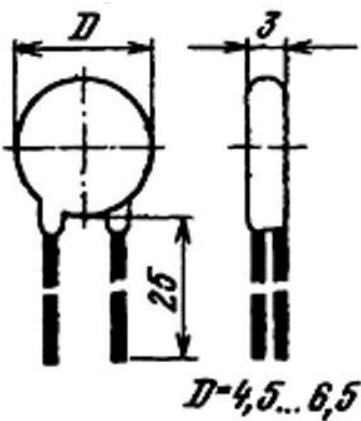
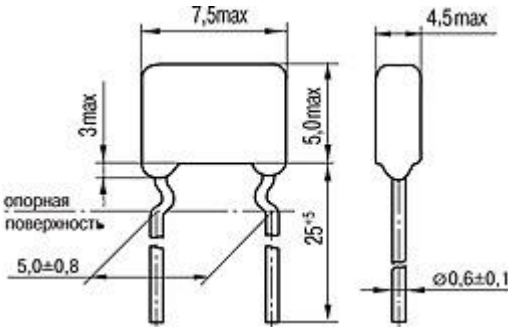
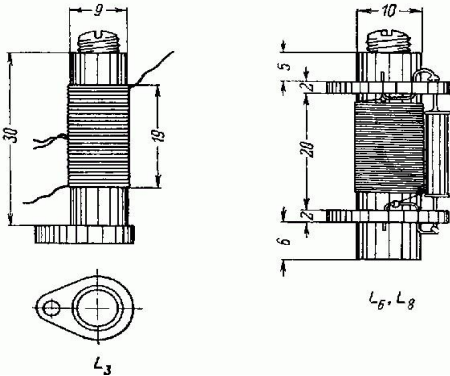
$S_{кг}$  – площа крупногабаритних ЕРЕ.

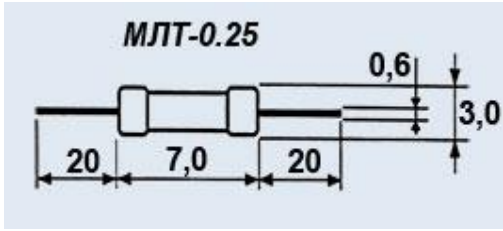
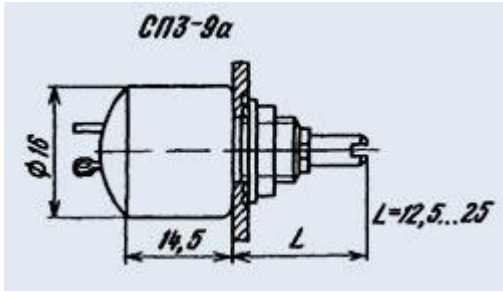
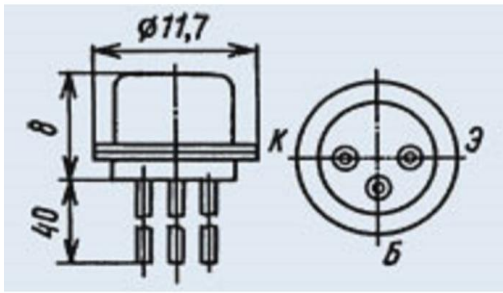


Таблиця 6.1 – Розміри вибраних ЕРЕ

Тип ЕРЕ	Позначення на ЭЗ	Ескізи ЕРЕ	Встановлювальна площа ЕРЕ, мм <sup>2</sup>	Номер варіанту установки
КД503Б	VD1... VD3		22,5	010
Д310	VD4		48,0	010
К53-21	C11,C20, C22,C26		25,2	180

КМ-6а	C1		71,25	180
КМ56	C14,C15		18,00	180
КМ6-1	C27		52,00	180

КД1	C3, C9, C12,C13, C17,C24	 <p><math>D=4,5... 6,5</math></p>	15,00	180
К10-у5	C4,C5-8, C10,C16, C18,C19, C21,C23, C25		24,00	180
	L1		171	010

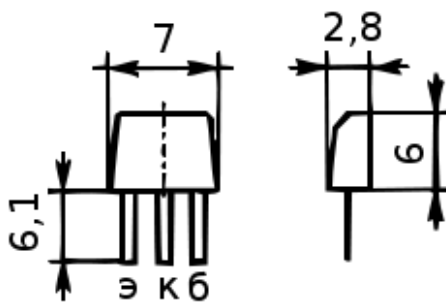
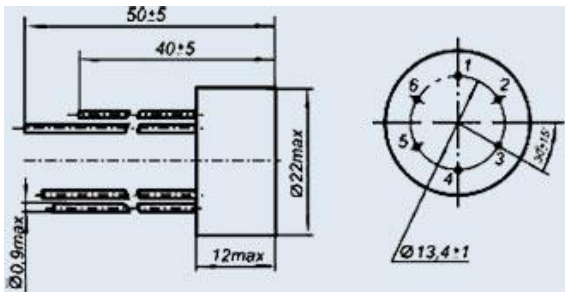
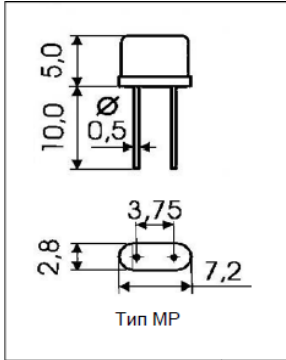
МЛТ 0,25	R1-11, R13-23, R25-39		21,00	010
СП3-9А	R12,R24		192,00	190
КТ902А	VT1		128,7,00	190

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РТ-П71. 412234. 001 ПЗ

Арк.

71

КТ315В	VT2-13		19,60	190
МИТ-7	T1		264,00	190
ЦТС-19	ZQ1-3		27,00	180

$$S_{\text{мг}}=777+71,25+22,5+18+52+15+405+235,2+20,16 = 1616,11 \text{ [мм}^2\text{]};$$

$$S_{\text{сг}} = 171+48+364+200,96+107,46+379,94=1271,36 \text{ [мм}^2\text{]};$$

$$S_{\text{м}}=4 \cdot 1616,11+3 \cdot 1271,36= 6464,44+3814,08=10278,52 \text{ [мм}^2\text{]}.$$

Площа допоміжних зон визначається як площа для розміщення елементів фіксації та закріплення плати в приладі, радіаторів для теплонавантажених ЕРЕ, пристроїв додаткового кріплення елементів на платі, тощо. Встановлювальні розміри цих елементів визначають з довідників в залежності від вибраного типу та шляхом розрахунків допоміжних зон –  $S_{\text{д}}$ .

$$S_{\text{д}}=1500 \text{ [мм}^2\text{]}.$$

Сумарна площа плати складає

$$S_{\text{п}}=S_{\text{м}}+S_{\text{д}} ; \quad (6.2)$$

$$S_{\text{п}}=10278,52+1500=11778,52 \text{ [мм}^2\text{]}.$$

Для дефектоскопа ультразвукового вибирається одностороння друкована плата з розмірами (350x35) мм.

Плата обрана не зі стандартного ряду. Доцільніше використовувати для приладу плату вузьку та довгу плату для зручності перевірки залізничних рейок.

Використання приладу в польових умовах показане на рис.6.1 – рис.6.3.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73



Рисунок 6.1. Використання приладу в стаціонарних умовах

Прилади для нерушійного контролю мають довгу та вузьку конструкцію тому їх зручно використовувати при перевірці залізничних рейок



Рисунок 6.2. Приклад дефектоскопу який має плату схожої форми.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74





Рисунок 6.3. Використання приладу в польових умовах

Застосування плати аналогічних розмірів в приладі для професійної діяльності. Електронний блок повинен міститися в такому приладі.

Прилад сконструювано так, що плата знаходиться в середині штанги для переміщення датчиків, що зручно для роботи на залізничній колії. Тому на основі виконаного розрахунку обираємо плату з розмірами (350x35) мм.

### 6.3 Вибір класу точності

Для проектування даної друкованої плати більш доцільно підходить перший клас точності.

Плати 1-го класу найбільш прості у використанні, надійні в експлуатації та мають мінімальну вартість. Застосовують в ОДП і ДДП з дискретними ЕРЕ при низькій та середній щільності їх компоновки. Максимальні розміри плати для цих класів – 470 × 470 мм. Рекомендуються для побутової РЕА та РЕА, некритичної до габаритів;

За щільністю розміщення провідникового рисунку вибирається другий клас щільності

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75



Таблиця 6.2 – Основні розміри параметрів друкованого монтажу

Параметри	Розмір, мм
1 Ширина провідників, $t$ , мм	0,75
2 Прогалина між провідниками, $S$ , мм	0,75
3 Відношення діаметру отвору $d_0$ до товщини плати, $H_n$ , тобто $j = d_0 / H_n$	0,40
4 Гарантійний поясок, $b$ , мм	0,30

#### 6.4 Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати

Розрахунок параметрів друкованого монтажу [19].

Розрахувати:

- 1) діаметри монтажних отворів  $d_0$ ;
- 2) діаметри контактних майданчиків  $D$ ;
- 3) ширину друкованих провідників  $t$  (табл.2.1);
- 4) відстань між сусідніми елементами друкованого монтажу  $s$ ;
- 5) найменшу відстань  $L$  для прокладання на ній трас  $p$  (якщо не вказано додатково) – то до 4-х провідників.

##### 6.4.1 Вихідні дані:

- 1) клас точності друкованої плати – 1;
- 2) клас щільності друкованого монтажу – 2;
- 3) встановлювальні розміри ЕРЕ;
- 4) вимоги діючих стандартів.

##### 6.4.2 Розрахунок.

1 Діаметри монтажних та перехідних отворів вибираються з ряду рекомендованих ОСТ 4. 070.010-78, які приведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Рекомендовані діаметри отворів

Діаметр, мм		Діаметр контактного майданчика	Мінімальна відстань між центрами отворів
виводу ЕРЕ	отвору	мм	мм
до 0,5	0,9	2,0	3,5
0,6;0,7	1,1	3,0	3,5
0,8;0,9	1,3	3,0	3,75
1,0;1,1	1,5	3,0	3,75
1,2;1,3;1,4	1,8	3,0	3,75

Для кожного отвору перевіряється виконання умови

$$d_0 \geq j \cdot H_n, \quad (6.3)$$

де  $j$  – відношення мінімального діаметру отвору до  $H_n$ ;

$H_n$  – товщина плати.

$$0,9 > 0,4 \times 1,5 = 0,6$$

2 Діаметри контактних майданчиків доцільно вибирати з ряду рекомендованих ОСТ4.070.010-78. Для кожного контактного майданчика перевіряється виконання умови

$$D \geq D_{\min}, \quad (6.4)$$

де  $D_{\min}$  - найменший номінальний діаметр контактного майданчика.

$$D_{\min} = (d_0 + \Delta d_{b.o.}) + 2b + \Delta t_{b.o.} + 2\Delta t_{m.p.} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{n.o.}^2)^{1/2}, \quad (6.5)$$

де  $\Delta d_{b.o.}$  - верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

$b$  - гарантійний поясок, мм;

$\Delta t_{b.o.}$  - верхнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика;

$\Delta t_{m.p.}$  - значення підтравлення діелектрику в отворі  $\Delta t_{m.p.} = 0$ ;

$T_d$  - значення позиційного допуску розташування осей отворів у діаметральному вираженні;

$T_D$  - значення позиційного допуску розташування центрів контактних майданчиків у діаметральному вираженні;

$\Delta t_{н.о}$  - нижнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика та ширини друкованого провідника.

$$D_{\min 1} = (0,9 + 0,1) + 2 \cdot 0,3 + 0,25 + 2 \cdot 0 + (0,2^2 + 0,35^2 + 0,2^2)^{1/2} = 2,3 \text{ [мм]};$$

Діаметри контактних майданчиків вибираються  $D_1 = 2,3 \text{ мм}$ .

3 Конструктивно–технологічний розрахунок ширини  $t_1$  друкованих провідників.

Номінальне значення ширини провідника у вузькому місці

$$t_{1у.м.} = t_{м.д.} + |\Delta t_{н.о}|, \quad (6.6)$$

де  $t_{м.д}$  – мінімальна допустима ширина провідника у вузькому місці.

$$t_{1у.м.} = 0,75 + 0,2 = 0,95 \text{ [мм]}.$$

У вільному місці  $t_{м.д}$  береться на клас нижче

$$t_{1с.м.} = t_{м.д.} + |\Delta t_{н.о}|, \quad (6.7)$$

$t_{м.д}$  – мінімальна допустима ширина провідника у вільному місці.

$$t_{1с.м.} = 1,5 + 0,2 = 1,7 \text{ [мм]}.$$

4 Розрахунок мінімальної ширини провідників  $t_2$  за електричними режимами по постійному струму. Ширину провідників розраховують, враховуючи два фактори: допустиму щільність струму в провіднику та допустиме падіння напруги на провіднику. Для побутової РЕА щільність струму в провіднику не повинна перевищувати  $30 \text{ А/мм}^2$ . Для іншої РЕА та для зовнішніх шарів БДП–  $20 \text{ А/мм}^2$ , для внутрішніх шарів БДП– $15 \text{ А/мм}^2$ . Допустимим падінням напруги вважається 1–3% від прикладеної.

$$t_2 \geq \frac{L \cdot I_{\max} \cdot \rho}{(0.01 - 0.03) h_{\phi} \cdot U}, \quad (6.8)$$

де  $h_{\phi}$  – товщина фольги, мм;

$U$  – прикладена напруга, В;

$L$  – довжина провідника, м;

$I_{\max}$  – допустимий струм у провіднику;

$\rho$  – питомий опір провідників.

$$t_2 = \frac{0,62 \cdot 0,3 \cdot 0,0175}{0,03 \cdot 9 \cdot 0,035} = \frac{0,003255}{0,00945} = 0,34 \text{ [мм]}.$$

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

5 Обирається ширина провідника живлення  $t = 1\text{мм}$ , при цьому виконується умова

$$t \geq \begin{cases} t_1=0,95\text{мм} \\ t_2=0,34\text{мм} \end{cases}$$

Мінімальна ширина сигнальних провідників у вузьких місцях вибирається згідно класу точності.

6 Розрахунок зазорів  $S$  між елементами друкованого монтажу.

Номінальна мінімальна відстань між сусідніми елементами друкованого монтажу

$$S_M = S_{M.D.} + \Delta t_{B.O.}, \quad (6.9)$$

де  $S_{M.D.}$  - мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами.

$$S_M = 0,75 + 0,2 = 0,95 \text{ [мм]}.$$

7 Розрахунок мінімальної відстані  $L$  у вузькому місці для прокладки на ньому трас  $n$  провідників

$$l = \frac{D_l + D_i}{2} + nt + S_i (n + 1) + T_l, \quad (6.10)$$

де  $D_1, D_2$  - діаметри контактних майданчиків;

$n$  - кількість провідників.

$$l = \frac{2,31 + 2,31}{2} + 4 \cdot 1 + 0,95 \cdot (4 + 1) + 0,2 = 11,25 \text{ [мм]}.$$

Таблиця 6.4 – Дані розрахунків друкованої плати

Діаметр монтажних отворів , мм	0,8
Діаметр контактних майданчиків , мм	2,0
Ширина друкованих провідників , мм	1,0
Відстань між сусідніми елементами, мм	0,95
Мінімальна відстань у вузькому, місці для проведення трас $n=3$ , мм	11,25

6.4.3 Найважливішими критеріями при розміщенні ЕРЕ та трасуванні є:

- а) рівномірність розміщення ЕРЕ та провідників на платі;
- б) розміщення теплонавантажених ЕРЕ на периферії;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

- в) мінімальна сумарна довжина провідників;
- г) мінімальна довжина найдовшого провідника;
- д) мінімум перетинів провідників;
- е) мінімальна довжина паралельності провідників (для високочастотних пристроїв).

Якість компоновки друкованої плати можна перевірити за допомогою коефіцієнта заповнення

$$K_z = \frac{S_N}{S_{II}}, \quad (6.11)$$

де  $S_N$  - сумарна встановлювана площа всіх ЕРЕ;

$S_{II}$  - площа друкованої плати.

$$\hat{E}_c = \frac{2887,47}{12250} = 0,24.$$

## 6.5 Розробка топології друкованої плати

Трасування з'єднань.

Метою цієї роботи є визначення трас з'єднання між собою контактних майданчиків згідно зі схемою ЭЗ. Для трасування з'єднань проектованої друкованої плати обирається прямий спосіб трасування. Найпростіший спосіб трасування – коли траси прокладаються по найпростіших шляхах, які зв'язують точки, що підлягають комутації. При цьому спочатку прокладають найбільш критичні до довжини друкованого провідника електричні кола, а потім не критичні, що дозволяє отримати мінімальну довжину критичних електричних кіл. При прокладці кожної нової траси раніше виконані траси та контактні майданчики монтажних отворів стають перешкодами, які все більше перешкоджають прокладанню наступної траси. Траси будуть проведені спільно з раніше виконаними та огинаючи їх (рис.6.4). Можливе проходження друкованих провідників безпосередньо під ЕРЕ, якщо останні встановлюються на плату з зазорами.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

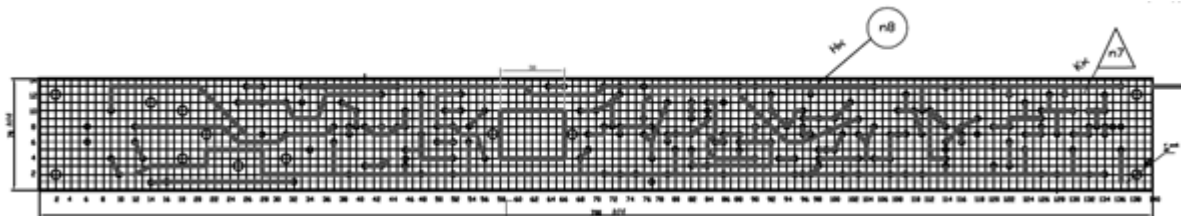


Рисунок 6.4.Друкована плата

#### 6.5.1 Аналіз електричної принципової схеми.

В процесі аналізу схеми електричної принципової виявлено:

- а) в приладі не має електричних кіл, по яких проходить значний струм(більше 2,5А);
- б) контрольні точки присутні , використовуються для діагностики вузлів;
- в) в схемі відсутні ЕРЕ, які виділяють значну кількість тепла і потребують додаткових засобів охолодження.

#### 6.5.2 Вибір варіантів встановлення ЕРЕ на платі (рис.6.5).

Для забезпечення максимальної технологічності складальних операцій, що особливо важливо при значних об'ємах випуску РЕА, рекомендується вибирати варіанти встановлення ЕРЕ на друковану плату та формовки їх виводів з рекомендованих ОСТ45. 010.030–95( при автоматизованій технології складання друкованого вузла) – та ОСТ4.091.124–79 та ОСТ4.070.010–78.

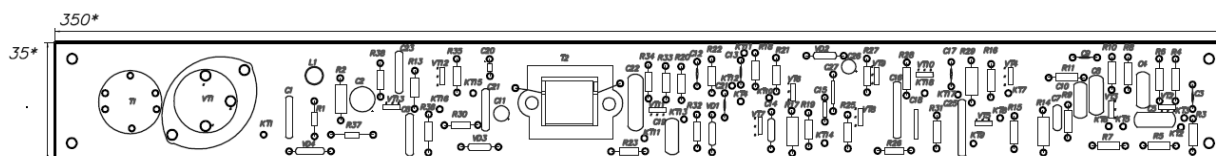


Рисунок 6.5. Вигляд електронного модуля

### 6.6 Опис технології виготовлення друкованої плати

Для виготовлення друкованої плати дефектоскопу вибирається субтрактивний хімічний негативний метод.

Субтрактивні методи засновані на травленні фольгованого діелектрика. Первинною заготовкою їх є фольгований діелектрик з товщиною фольги ( $h_{\phi}$ ) переважно 35 або 50 мкм.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Для виготовлення плати використаємо хімічний негативний метод. Суть його полягає в наступному: фоторезистом захищають від травлення друковані доріжки, а в місцях, де їх не повинно бути, фольгу стравлюють; наносять захисну лакову маску з вікнами для контактних майданчиків. Для односторонніх друкованих плат, внутрішніх шарів багатошарових, гнучких друкованих шлейфів. Має точну геометрію провідників, високу продуктивність, високу адгезію, але низьку щільність монтажу і низьку надійність пайок, тому не придатний для жорстких умов експлуатації. Для запобігання відшарування контактних майданчиків при цьому методі всі ЕРЕ ставлять впритул до плати. Це інколи вимагає ізоляційних прокладок, призводить до скупчення пилу та вологи під корпусами ЕРЕ. Цей метод добре освоєний на виробництві.

Недоліками субтрактивних методів є неможливість отримати провідники вужче 150 мкм, а також великі відходи міді при травленні.

## 6.7 Висновки за розділом

Дефектоскоп виконано на платі з одностороннього склотекстоліту.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

## 7 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

### 7.1 Розрахунок надійності

#### 7.1.1 Завдання:

- виконати остаточний розрахунок надійності пристрою для мінімальних і максимальних величин інтенсивності відмов ЕРЕ та часу відновлення їх працездатного стану;
- для розрахунку надійності визначити умови експлуатації і вид РЕА, обґрунтувати і визначити всі допущення і математичні співвідношення, які будуть прийняті при розрахунках;
- визначити показники надійності відповідно до вивченої методики проведення остаточного розрахунку надійності;
- провести аналіз отриманих показників надійності і при необхідності привести оптимальні шляхи її підвищення на етапі проектування.

#### 7.1.2 Вихідні дані:

- схема електрична принципова дефектоскопу (приведена на кресленні ЭЗ);
- температура ЕРЕ оцінюється шляхом аналізу роботи схеми ЭЗ без проведення теплових розрахунків;
- режими електричних навантажень ЕРЕ вибираються рекомендованими без проведення повного електричного розрахунку схеми пристрою;
- при визначенні характеристик відмов вважається, що період припрацювання вже пройшов, а період старіння і спрацювання ще не настав;
- при відсутності в довідникових даних величин  $k_i$  та  $\alpha_1$  для деяких ЕРЕ вони рівні 0,5; при відсутності значення  $T_e$  – рівні 0,2...1,0 год.

#### 7.1.3 Теоретичні обґрунтування і розрахунки.

1 Визначення мінімального напрацювання на відмову  $T_{p.min}$ .

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83



За умовами експлуатації та категорією розміщення даний пристрій відноситься до 7 групи наземної професійної РЕА (апаратура, що експлуатується в опалюваних наземних і підземних приміщеннях). Норма надійності такої РЕА становить  $T_{p.\max} = 2500 год$ , звідси  $T_{0,99p.\min} = 25 год$ .

## 2 Визначення виду системи за надійністю.

Виходячи з призначення, дефектоскоп ультразвуковий за періодичністю обслуговування належить до обслуговуваних пристроїв, а за характером виконуваних функцій – до відновлюваних. Відновлювана система у разі відмови і поладження продовжує виконувати перервану функцію.

## 3 Визначення виду відмов.

Відмова – це подія, яка полягає в частковій чи повній втраті працездатності пристрою.

Згідно з технічними вимогами та завданням на проектування вважаються відмови:

- за можливістю прогнозування – раптові;
- за часом виникнення – тільки експлуатаційні;
- за залежністю одна від одної – незалежні;
- за способом виявлення – очевидні;
- за стабільністю – стійкі;
- за причиною виникнення – конструкційні;
- за закономірністю виникнення – випадкові;
- за впливом на систему в цілому – призводять до повної відмови.

### 7.1.4 Обґрунтування шляху визначення показників надійності.

Для визначення показників надійності є два шляхи – експериментальний та теоретичний. Оскільки експлуатаційні відмови, а від так – і час безвідмовної роботи є подіями випадковими, то для визначення показників надійності тим чи іншим шляхом користуються математичним апаратом теорії ймовірності.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Суть показників надійності і самі закони та формули для їх визначення різні для відновлюваних та не відновлюваних систем, причому більш громіздкий і тривалий процес визначення надійності відновлюваних систем. Дефектоскоп у даному випадку відноситься до відновлюваних систем. Однак на дільниці до першої відмови відновлювана система за суттю надійності аналогічна не відновлюваній. Тому для спрощення ведуться розрахунки показників надійності дефектоскоп на дільниці часу до першої відмови за формулами не відновлюваних систем. Звичайно, такий розрахунок дає дуже низьку точність, бо не враховує поведінки виробу впродовж всього терміну експлуатації. Але такий підхід цілком можливий для початкової оцінки надійності та для порівняння за надійністю декількох варіантів виробу.

#### 7.1.5 Обґрунтування часу настання відмов.

Відмови на дільниці нормальної експлуатації зумовлені в основному випадковими факторами: прихованими внутрішніми дефектами, що не були виявлені у період припрацювання та технологічним контролем. Вважаються малоймовірними, а тому не враховуються відхилення режимів роботи, збіг концентрацій зовнішніх навантажень та внутрішніх напружень і наявність помилок оператора під час роботи. З урахуванням цього приймається, що на дільниці нормальної експлуатації інтенсивність відмов ЕРЕ є величина постійна.

$$\lambda = \text{const.} \quad (7.1)$$

Значення інтенсивностей відмов  $\lambda_{0i}$  ЕРЕ для нормальних умов наведені у довідникових даних.

Щоб знайти інтенсивність відмов всього пристрою, необхідно знати закон розподілу відмов цих ЕРЕ та системи (дефектоскопу). Оскільки за статистикою раптовим експлуатаційним відмовам в РЕА найбільш притаманний експоненційний закон розподілу, отже

$$P(t) = \exp(-\Lambda t), \quad (7.2)$$

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

де  $P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи виробу на відрізок часу  $t$ .

Однак припущення, що на робочій ділянці виникають тільки раптові експлуатаційні відмови є не зовсім точне: виключається можливість виникнення відмов спрацювання і старіння. Таке можливе тільки при достатньо жорсткому профілактичному технічному обслуговуванні, або на відрізок часу  $t \ll T_p$ , або якщо процеси спрацювання і старіння досить повільні. Для дефектоскопу (професійна РЕА) вважається, що процеси спрацювання і старіння досить повільні.

#### 7.1.6 Визначення способу включення ЕРЕ.

У вихідних даних встановлено, що відмова одного ЕРЕ призводить до відмови всього пристрою. Таке включення ЕРЕ за надійністю називають основним (послідовним). Воно має місце, коли схема пристрою позбавлена функціональної надлишковості. Дійсно, даний пристрій не відноситься до надто складних технічних систем, тому для нього не характерна функціональна надлишковість. Крім того, при розрахунку надійності дефектоскопу не враховуються надійності тих складових частин, відмова яких не призводить до відмови приладу (наприклад незначне пошкодження корпусу, резинових ніжок тощо). Отже, вважається включення ЕРЕ основним.

#### 7.1.7 Розрахункові співвідношення для визначення критеріїв надійності.

1 Інтенсивність відмов  $\Lambda$  пристрою в цілому

$$\Lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n, \quad (7.3)$$

де  $\lambda_1 \dots \lambda_n$  - інтенсивності відмов ЕРЕ.

2 Середнє напрацювання до відмови

$$T_{cp} = \frac{1}{\Lambda}. \quad (7.4)$$

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

3 Ймовірність безвідмовної роботи за час  $t$

$$P_{(T)} = \exp(-\Lambda t). \quad (7.5)$$

4  $T_\gamma$  - відсоткове напрацювання до відмови

$$T_\gamma = T_{cp}(1 - \gamma), \quad (7.6)$$

де  $\gamma$  - наперед заданий рівень ймовірності (0,9...0,999).

5 Середній час відновлення працездатного стану

$$T_\epsilon = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_j T_{\epsilon j})}{\sum_{j=1}^m \lambda_j}, \quad (7.7)$$

де  $j$  - номер групи рівнонадійних ЕРЕ;

$\lambda_j$  - сумарна інтенсивність відмов  $j$ -тої її групи рівнонадійних ЕРЕ;

$T_{\epsilon j}$  - сумарний середній час відновлення працездатності всіх ЕРЕ, що входять до групи  $j$ .

6 Коефіцієнт готовності

$$K_\epsilon = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_\epsilon}. \quad (7.8)$$

#### 7.1.8 Пояснення до використаної методики.

Остаточний розрахунок надійності проводиться на стадії технічного проектування, коли остаточно і повністю розроблена схема і конструкція приладу. Тому розраховується вплив на надійність дефектоскопу всіх зовнішніх та внутрішніх чинників (теплові навантаження, електричні режими, механічні навантаження, кліматичні тощо). Метою розрахунку є перевірка

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

досягнення встановлених замовником вимог по надійності для приладу і реалізація при необхідності раціональних шляхів її підвищення.

Інтенсивність відмов всього дефектоскопу визначається за формулою

$$\Lambda = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \sum \lambda_i, \quad (7.9)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт, який враховує вплив механічних чинників;

$K_2$  - коефіцієнт, який враховує вплив кліматичних чинників;

$K_3$  - коефіцієнт, який враховує роботу даної системи при зниженому атмосферному тиску.

Інтенсивність відмов  $i$  – го елемента у реальних умовах експлуатації

$$\lambda_i = a_{1i} \cdot a_{2i} \cdot \dots \cdot a_{ni} \cdot \lambda_{0i}, \quad (7.10)$$

де  $\lambda_{0i}$  - інтенсивність відмов  $i$ -го елемента в нормальних умовах експлуатації;

$a_{1i} \dots a_{ni}$  - поправочні коефіцієнти, які враховують вплив на надійність  $i$ -го елемента різних факторів (температури елемента, електричного навантаження, радіації, вологи тощо).

Для категорії РЕА, що розраховується, найбільш характерними факторами є температура РЕ та її електричне навантаження. Тому враховується вплив тільки цих двох факторів, вважаючи, що решта факторів – в межах норми.

Тому формула для  $\lambda_i$  приймає вигляд

$$\lambda_i = a_{1i} \cdot \lambda_{0i}; \quad (7.11)$$

$$a_{1i} = f(\kappa_{ni}; t_i^0), \quad (7.12)$$

де  $t_i$  - температура  $i$ -го елемента;

$\kappa_{ni}$  - коефіцієнт електричного навантаження.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Оскільки вихідні дані не передбачають повного електричного та теплового розрахунку надійності, то температура ЕРЕ вибирається на підставі аналізу роботи ЕРЕ дефектоскопу, а коефіцієнти електричних навантажень вибираються рекомендованими, при яких оптимально будуть поєднані надійність ЕРЕ з іншими їх характеристиками.

7.1.9 Розрахунок інтенсивності відмов дефектоскопу за реальних умов експлуатації.

Всі елементи пристрою діляться на групи однотипних; у межах однієї групи  $j$  інтенсивності відмов елементів і середній час відновлення працездатного стану однакові для всіх ЕРЕ. Дані заносяться в таблицю 2.5.

Інтенсивність відмов пристрою без урахування категорії РЕА (умов експлуатації об'єкта встановлення).

$$\Lambda'_{\min} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j\min} ; \quad (7.13)$$

$$\Lambda'_{\min} = 16,1907 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right] .$$

$$\Lambda'_{\max} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j\max} ; \quad (7.14)$$

$$\Lambda'_{\max} = 109,8 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right] .$$

Значення поправочних коефіцієнтів для носимої РЕА, вологості 60...70%, температури (-10...+35)<sup>0</sup>С, нормального атмосферного тиску  
 $K_1=1,07$ ;  $K_2=1,00$ ;  $K_3=1,00$ .

З їх урахуванням за формулою

$$\Lambda_{\min} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \Lambda'_{\min} ; \quad (7.15)$$

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

$$\Lambda_{\min} = 1,07 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 16,1907 = 17,32 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right].$$

$$\Lambda_{\max} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \Lambda'_{\max}; \quad (7.16)$$

$$\Lambda_{\max} = 1,07 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 109,8 = 117,49 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right].$$

#### 7.1.10 Розрахунки інших показників надійності.

##### 1 Середнє напрацювання до відмови.

Це математичне очікування середнього часу безвідмовної роботи

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda}; \quad (7.17)$$

$$T_{cp.\min} = \frac{1}{117,49 \cdot 10^{-6}} = 8511 [\text{год}].$$

$$T_{cp.\max} = \frac{1}{17,32 \cdot 10^{-6}} = 57736 [\text{год}].$$

##### 2 Ймовірність безвідмовної роботи.

Це ймовірність того, що на протязі часу  $t$  відмова не наступить.

$$P_{\max}(t) = \exp(-\lambda_{\min} t); \quad (7.18)$$

$$P_{\min}(t) = \exp(-\lambda_{\max} t); \quad (7.19)$$

$$P_{\max}(10) = 0,99982;$$

$$P_{\min}(10) = 0,99882;$$

$$P_{\max}(100) = 0,99826;$$

$$P_{\min}(100) = 0,98832;$$

					РТ-П71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

$P_{\max}(1000) = 0,98283;$        $P_{\min}(1000) = 0,88915;$   
 $P_{\max}(3000) = 0,94937;$        $P_{\min}(3000) = 0,70295;$   
 $P_{\max}(7000) = 0,88582;$        $P_{\min}(7000) = 0,43936;$   
 $P_{\max}(10000) = 0,84097;$        $P_{\min}(10000) = 0,30885;$

$P_{\max}(30000) = 0,59475;$        $P_{\min}(30000) = 0,02946;$   
 $P_{\max}(50000) = 0,42063;$        $P_{\min}(50000) = 0,02810;$   
 $P_{\max}(100000) = 0,17693.$        $P_{\min}(100000) = 0,00008.$

Після підстановки в формули відповідних значень і обчислень дані заносяться у табл.7.1

Таблиця 7.1 – Залежність  $P(t)$

P(t)	t год								
	10	100	1000	3000	7000	10000	30000	50000	100000
$P_{\max}(t)$	0,99982	0,99826	0,98283	0,94937	0,88582	0,84097	0,59475	0,42063	0,17693
$P_{\min}(t)$	0,99882	0,98832	0,88915	0,70295	0,43936	0,30885	0,02946	0,02810	0,00008

З  $\gamma$  - відсоткове напрацювання до відмови – це час, на протязі якого ймовірність безвідмовної роботи буде не нижчою наперед заданого рівня гарантійної ймовірності  $\gamma = 0,99$ .

$$T_{0,99\min} \approx T_{cp.\min} (1 - \gamma); \quad (7.20)$$

$$T_{0,99\min} \approx 8511 \cdot (1 - 0,99) = 85,11[\text{год}] \approx 85 \text{ год}.$$

$$T_{0,99\max} \approx T_{cp.\min} (1 - \gamma); \quad (7.21)$$

$$T_{0,99\max} \approx 57736 \cdot (1 - 0,99) = 577,36[\text{год}] \approx 577 \text{ год}.$$



Таблиця 7.2– Вихідні дані для розрахунку  $T_{Bi}$

$\lambda_{\min} \cdot T_{\min}$	$\lambda_{\min} \cdot T_{\max}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\min}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\max}$
1	2	3	4
0,0044	0,0187	0,0756	0,3213
0,0176	0,0748	0,3024	1,2852
0,1536	0,6528	2,7120	11,5260
0,6240	2,6520	10,8864	46,2672
0,1248	0,5304	3,328	14,1444
0,0092	0,0391	0,1600	0,6800
0,7722	3,3462	76,6350	332,0850
0,0102	0,0442	0,2520	1,0920
0,4590	0,7650	2,2950	3,8250
0,0372	0,1860	0,01860	0,0930
3,0240	15,1200	22,6800	113,4000
0,7500	3,7500	0,7500	3,7500
0,0030	0,0126	0,3000	1,2600
6,3000	25,2000	46,8000	187,2000
0,3600	1,6800	0,5040	2,3520
0,3600	1,6800	0,5040	2,3520
0,0160	0,0880	0,1280	0,7040
0,0003	0,0013	0,0003	0,0015
0,9857	4,9284	197,1360	985,6800
0,0050	0,0250	0,0050	0,0250
0,0010	0,0055	0,0080	0,0440
$\sum 14,0171$	$\sum 60,7999$	$\sum 365,4803$	$\sum 1708,0870$

Середній час відновлення працездатного стану – це математичне очікування середнього часу відновлення працездатного стану системи.

$$T_{B1} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\min} T_{Bj\min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\min}}; \quad (7.22)$$

$$T_{B1} = \frac{14,0171 \cdot 10^{-6}}{16,1907 \cdot 10^{-6}} = 0,87[\text{год}].$$

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

$$T_{B2} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\min} T_{Bj\max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\min}} ; \quad (7.23)$$

$$T_{B2} = \frac{60,7999 \cdot 10^{-6}}{16,1907 \cdot 10^{-6}} = 3,76[\text{год}].$$

$$T_{B3} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\max} T_{Bj\min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\max}} ; \quad (7.24)$$

$$\dot{O}_{A3} = \frac{365,4803 \cdot 10^{-6}}{109,8 \cdot 10^{-6}} = 3,33[\tilde{a}\tilde{u}\tilde{a}] .$$

$$T_{B4} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\max} T_{Bj\max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\max}} ; \quad (7.25)$$

$$T_{B4} = \frac{1708,087 \cdot 10^{-6}}{109,8 \cdot 10^{-6}} = 15,55[\text{год}] .$$

Значення  $T_B$  лежить в межах від 0,87 до 15,55год.

5 Коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що дефектоскоп виявиться працездатним в будь який момент часу, крім запланованих періодів, коли застосування виробу за призначенням не передбачається. Визначаються два значення цього показника

$$K_{z.\min} = \frac{T_{cp\min}}{(T_{cp\min} + T_{B\max})} ; \quad (7.26)$$

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

$$K_{\varepsilon.\min} = \frac{8511}{(8511 + 358,6)} = 0,9596 .$$

$$K_{\varepsilon.\max} = \frac{T_{cp\max}}{(T_{cp\max} + T_{B\min})} ; \quad (7.27)$$

$$K_{\varepsilon.\max} = \frac{57736}{(57736 + 75,7)} = 0,9987 .$$

#### 7.1.11 Висновки.

Вибрана елементна база приладу, принцип і метод компоновки і побудови конструкції забезпечили вимоги до рівня надійності.

$$T_{0,99\min} = 85,11\text{год} > T_{0,99\min} = 25\text{год} .$$

### 7.2 Розрахунок потужності, що споживається, і заходи по енергозбереженню

#### 7.2.1 Розрахунок потужності споживання дефектоскопа ультразвукового.

Загальну потужність даного дефектоскопу можна розрахувати по формулі

$$P_{\text{сп}} = U_{\text{ж}} \cdot I_{\text{сп}}, \quad (7.28)$$

де  $U_{\text{ж}}$  – напруга живлення дефектоскопу;

$I_{\text{сп}}$  – струм споживання пристрою.

$$P_{\text{сп}} = 9 \cdot 0,05 = 0,45 \text{ [Вт]}.$$

#### 7.2.2 Заходи по енергозбереженню.

Загальна споживана потужність приладу є малою. Знизити споживану потужність можна застосуванням менш потужного транзистора, перевіривши електричними розрахунками можливість застосування транзисторів середньої потужності замість високопотужних.

В схемі немає інших дуже потужних елементів, що виділяють значну кількість теплової енергії в навколишнє середовище. Корпус пристрою виготовлено з алюмінію у вигляді труби, довжиною 400 мм та діаметром 50

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

мм. Об'єм пристрою 0,785 дм<sup>3</sup>. Питома потужність, що розсіюється в цьому об'ємі менша 10 Вт/дм<sup>3</sup>, тому не потрібно вносити в пристрій додаткових систем охолодження, що впливають на його габарити і ціну та змінювати конструктивні особливості деталей і вузлів.

### 7.3 Висновки за розділом

При розрахунку надійності виявляється, що вибрана елементна база пристрою, принцип, метод компоновки і побудови конструкції забезпечують вимоги до рівня надійності. Також немає необхідності в системі охолодження.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Згідно із законом України «Про охорону праці» — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні [20].

В цьому розділі дипломного проекту визначені основні потенційно шкідливі чинники які мають місце при розробці, виготовленні та експлуатації спроектованого пристрою А також запропоновані необхідні рішення та організаційні заходи і визначено основні поняття безпеки та їх профілактика.

### 8.1 Визначення шкідливих та небезпечних факторів

Небезпечними та шкідливими факторами є:

- негативний вплив ультразвукових коливань;
- підвищена температура поверхні виробу, обладнання, інструменту, розплавів припоїв і солей;
- можливість ураження електричним струмом;
- невідповідність параметрів мікроклімату санітарним нормам та правилам;
- група психофізичних факторів: перевантаження фізичне та психологічне;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

## 8.2 Дія ультразвуку на людину, основні методи та засоби захисту

### Профілактика негативного впливу ультразвуку

У виробничих умовах можливий вплив низькочастотного ультразвуку на працюючих як через повітря, так і при безпосередньому контакті з рідким або твердим середовищем зі збудженими коливаннями. Контактна дія спостерігається при утримуванні інструмента, чи оброблюваної деталі (при лудінні та паянні), при завантажуванні виробів в ультразвукові ванни і розвантажуванні їх, зварюванні та інших операціях. Розрізняють короткочасну та періодичну контактну дію.

Ультразвукові коливання, які генеруються несприятливо впливають на організм людини. При тривалій систематичній дії ультразвуку, який поширюється через повітря, можуть виникати порушення нервової, серцево-судинної і ендокринної систем, слухового аналізатора, системи крові. Характерним є розвиток вегето-судинної дистонії і астенії.

Біологічна дія ультразвуку на організм при контактному його передаванні залежить від потужності ультразвукових коливань, їх частоти, тривалості дії, способу випромінювання ультразвукової енергії (безперервного, імпульсного), чутливості тканин, інтенсивності кровопостачання і стану метаболізму у тканинах. Поширюючись у тканинах організму, ультразвукові хвилі впливають на фізико-хімічні та біологічні процеси, що відбуваються в цих тканинах. Найчутливіші до дії контактного високочастотного ультразвуку вегетативна і периферична нервові системи.

Залежно від інтенсивності ультразвукових хвиль розрізняють три види ультразвуку і впливу його на живі тканини:

1. Ультразвук малої інтенсивності (до  $1,5 \text{ Вт/см}^2$ ). Викликає зміни фізико-хімічних реакцій організму, прискорення обмінних процесів, слабе нагрівання тканини, мікромасаж і не призводить до морфологічних порушень всередині клітин.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

2. Ультразвук середньої інтенсивності (1,5-3 Вт/см<sup>2</sup>). Викликає реакцію пригнічення у нервовій тканині. Швидкість відновлення функцій залежить від інтенси

3. Ультразвук великої інтенсивності. Викликає незворотне пригнічення аж до повного руйнування тканини.

Ультразвук височастотного діапазону викликає підвищення проникності судин шкіри, що виражається гіперемією аж до крововиливів на поверхні шкіри.

При обслуговуванні ультразвукового обладнання профілактичні заходи передбачають попередження контактного впливу через тверді та рідкі середовища і боротьбу з поширенням ультразвуку й шуму в повітрі робочої зони. Ультразвукове устаткування слід обладнувати звукоізолюючими кожухами, конструкції ультразвукових верстатів і устаткування для зварювання та паяння повинні мати екрани з органічного скла, які забезпечують зниження рівнів звукового тиску на робочих місцях. Забороняється контакт з робочими поверхнями устаткування у процесі його роботи, з оброблюваними рідинами і деталями.

Індивідуальний захист органу слуху досягається застосуванням протишумів. Для захисту рук від впливу ультразвуку в зоні контакту з твердим або рідким середовищем слід застосовувати захисні рукавички. До роботи з ультразвуковим устаткуванням допускаються особи віком понад 18 років.

### **8.3 Електромагнітні поля та випромінювання радіочастотного діапазону**

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини взагалі залежить від діапазону частот, тривалості, характеру, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, та індивідуальних особливостей організму.

Розрізняють дві форми негативного впливу на організм людини електромагнітного випромінювання діапазону радіочастот — гостру і хронічну, яка, у

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

свою чергу, поділяється на три степені: легкий, середній і тяжкий.

Для захисту персоналу від електромагнітних випромінювань використовують такі методи:

- захист часом – обмеження часу перебування людини в зоні дії полів
- захист віддалю, тобто розміщення робочих зон на безпечній віддалі від джерела полів
- захист екраном, тобто встановлення металевих листів чи сіток високої електропровідності які мають відбиваючу або поглинаючу дію.

Допустимі рівні ЕМП на робочих місцях при роботі з джерелами електромагнітних випромінювань (ЕМВ) установлюються відповідно до вимог ДСН 3.3.6.096-2002.

З урахуванням діапазону частот, щільності та напруженості потоку енергії, необхідного ступеня захисту можуть бути вибрані наступні заходи зменшення впливу на працівників ЕМП:

- організаційні, які здійснюють органи санітарного нагляду
- інженерно-технічні, які передбачають використання дистанційного керування, екранування джерел випромінювання, застосування засобів індивідуального захисту (халатів, комбінезонів із металізованої тканини з виводом на заземлення та ін.);
- лікарсько-профілактичні, які передбачають проведення систематичних медичних оглядів працівників, обмеження в часі перебування людей в зоні дії ЕМП, видачу працюючим безкоштовного лікарсько-профілактичного харчування, перерви санітарно-оздоровчого характеру.

#### **8.4 Вимоги до працівника**

Працівник зобов'язаний: дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99



засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди. Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Роботодавець зобов'язаний організувати проведення попереднього (під час прийняття на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників на роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці;

за результатами періодичних медичних оглядів у разі потреби роботодавець повинен забезпечити проведення відповідних оздоровчих заходів.

медичні огляди проводяться відповідними закладами охорони здоров'я, працівники яких несуть відповідальність згідно із законодавством за відповідність медичного висновку фактичному стану здоров'я працівника.

Порядок проведення медичних оглядів визначається спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я.

Навчання з питань охорони праці

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці, з

надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у разі виникнення аварії.

Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою повинні щороку проходити за рахунок роботодавця спеціальне навчання і перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Перелік робіт з підвищеною небезпекою затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

Посадові особи, діяльність яких пов'язана з організацією безпечного ведення робіт, під час прийняття на роботу і періодично, один раз на три роки, проходять навчання, а також перевірку знань з питань охорони праці за участю профспілок.

Порядок проведення навчання та перевірки знань посадових осіб з питань охорони праці визначається типовим положенням, що затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

Не допускаються до роботи працівники, у тому числі посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці.

У разі виявлення у працівників, у тому числі посадових осіб, незадовільних знань з питань охорони праці, вони повинні у місячний строк пройти повторне навчання і перевірку знань.

### **8.5 Охорона праці при виготовленні друкованої плати.**

Сучасна технологія виготовлення друкованих плат складається з великої кількості різних механічних, фотохімічних і хімічних операцій.

Більшість матеріалів і речовин, що застосовуються при виготовленні друкованих плат, є небезпечними для здоров'я і життя людини. Шкідливі речовини та їх пари можуть проникати в організм людини через органи дихання, шкіру і травний тракт.

Вдихання хімічних речовин у будь-якому агрегатному стані (газ, пара, пил) призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і до загальнооточкисичного ефекту при всмоктуванні речовини в кров.

У травний тракт речовини потрапляють при вживанні води, їжі та курінні на ділянках виготовлення друкованих плат.

Нагрівання розчинів веде до інтенсивного пароутворення і виділення газів, що несуть з собою частинки розчину, а це призводить до збільшення забруднення атмосфери виробничих приміщень. Крім того, при різних операціях утворюються і надходять в атмосферу проміжні речовини, які можуть відноситися до речовин 1-го класу небезпеки.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

Процеси знежирення, травлення, електрохімічної обробки і хімічного фрезерування супроводжуються виділенням парів кислот і лугів та надходженням їх в зону дихання.

Багато шкідливих речовин потрапляють в організм через шкіру, особливо небезпечні хромові композиції, концентровані кислоти, луги та розчинники.

У відділеннях приготування електролітів завжди має місце висока концентрація пилу і парів токсичних речовин, особливо під час дозування, приготування розчинів, змішуванні сипучих компонентів і транспортних операціях.

Однією з умов забезпечення безпеки праці є потоковість виробництва у відповідності з технологічною послідовністю окремих операцій, передбачаючи автоматизацію і механізацію процесів. Пульти оператора автоматичних ліній з програмним керуванням повинні бути віддалені від ванн на певну відстань, що виключає вплив на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

При неможливості автоматизації процесів повинна бути забезпечена комплексна механізація окремих операцій: транспортних, фінішних, зокрема завантаження плат у ванни та їх вивантаження.

Застосування ручних робіт допустимо при відсутності в технологічному процесі речовин 1 і 2 класів небезпеки і з використанням засобів колективного та індивідуального захисту працюючих.

Особлива увага повинна бути приділена, заміні токсичних речовин менш токсичними або нетоксичними, заміні шкідливих операцій менш шкідливими.

Так, використання присадок й інгібіторів дозволяє знизити витрати на вентиляцію, а також значно зменшити виділення парів кислоти з поверхні гальванічних і травильних ванн (дзеркало ванни покривається шаром піни).

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

Всі робочі місця повинні бути обладнані витяжною вентиляцією, а працюючі застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, очей і шкірних покривів.

### **8.6 Охорона праці при експлуатації та обслуговуванні виробу**

При проведенні робіт по ультразвуковому контролю необхідно керуватися діючими «Правилами технічної експлуатації електроустановок користувачів та вимогами техніки безпеки електроустановок споживачів» розділ 3 III-4, пп.3II-4-59, 3II-4-76; розділи Б I-I та БI-2, затверджені Держенергонаглядом 12.04.2005 року та узгодженими з ВЦСПС 9.04.2005, а також «Правилами техніки безпеки та виробничої санітарії при проведенні робіт в шляховому господарстві» розділ УП §231, затвердженими МПС 13.06.2002 року та узгодженими с ЦК профспілки робітників залізничного транспорту 16.06.2002 року.

1)Роботи на рейках повинні бути організовані та узгодженні згідно діючих правил;

2)Необхідно пам'ятати , що неухважність при знаходженні на шляху, перебігання через дорогу , перехід через контактну рейку в невстановлених місцях , несвоєчасний догляд зі шляху перед самим поїздом і необгороджені місця робіт сигналами є основними причинами нещасних випадків .

3)Кожен працівник зобов'язаний чітко знати порядок подачі і зняття напруги з контактної рейки .

4)До початку виконання робіт керівник робіт зобов'язаний: перевірити справність інструменту і його відповідність типовим вимогам і нормам, справність машин, механізмів і сигнального приладдя, наявність і стан спецодягу і захисних пристосувань; при необхідності зробити відповідний запис у Журналі огляду колій, стрілочних переводів, пристроїв СЦБ та зв'язку (форма ДУ-46) із зазначенням порядку огороження місця виконання робіт; провести інструктаж робітників про маршрут безпечного проходу до місця робіт і назад, про прийомах безпечного виконання робіт.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

5) При знаходженні в тунелі необхідно уважно прислухатися до звуку поїзда, що наближається і на відстані не менше 200 м до поїзда зійти зі шляху.

6) Всі роботи на контактній рейці повинні виконуватися тільки після зняття напруги відповідно до Інструкції про порядок зняття і подачі напруги на контактну рейку метрополітену, Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

7) Під час виконання робіт керівник зобов'язаний:

правильно розставити робітників по фронту робіт;

стежити за тим, щоб інструмент не заважав пересуванню робочих, а матеріали (рейки, шпали, скріплення) були розкидані і складували за межами габариту наближення обладнання;

не дозволяти робочим сідати на підлогу пристрої програми автоведення, короб контактної рейки, ходові рейки і шпали та інші предмети і пристрої, що знаходяться в безпосередній близькості від шляху;

### **8.7 Зміна параметрів. Регулювання та налаштування дефектоскопа.**

При вимірюванні параметрів, регулювання і налаштування дефектоскопа застосовуються осцилограф С1-65, вольтметр ВК7-9 або аналогічні їм прилади.

Вимірювання проводяться в лабораторних умовах з дотриманням заходів безпеки при користуванні електричними приладами, обумовленими відповідними інструкціями.

При початковому налаштуванні та технічному обслуговуванні в умовах експлуатації рекомендується притримуватися порядку, зазначеного в даному розділі інструкції:

1) зніміть кришку корпусу дефектоскопа, закріплену гвинтами та гайками;

2) огляньте друковану плату, якщо є бруд, обережно видаліть шматком бавовняної тканини, змоченою в спирті, а потім протріть насухо;

б) перевірте, щоб виводи елементів не торкалися одне одного;

7) перевірте відповідність номіналів елементів, установлених на друкованій платі, по принциповій схемі;

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

8) перевірте правильність пайки транзисторів і діодів;

9) підключіть до дефектоскопу джерело живлення напругою 9В, не забуваючи про дотримання полярності;

10) увімкніть дефектоскоп тумблером SA1;

11) замірте напругу джерела живлення і величини напруг на електродах транзисторів відносно корпусу дефектоскопа вольтметром і порівняйте з картою напруг. Перевірте ретельно ділянку схеми, в якій відмічено значне відхилення вимірюваної величини від зазначеної, і при виявленні несправного елемента, замініть його на свідомо справний;

12) підключіть осцилограф паралельно котушці L1, і, вибравши необхідну частоту розгортки осцилографа, замірте частоту затухаючих високочастотних коливань і максимальну амплітуду зондуєчого імпульсу, порівняйте дані з осцилограмою, наведеною в додатку .

Повертайте серцевину котушки, якщо частота коливань знаходиться за межами норми. Якщо серцевиною не вдається налаштувати частоту, необхідно або замінити серцевину, або замінити кількість витків котушки.

Перевірте вказані параметри на кожному перетворювачі 47° і 0°, якщо в одному з перетворювачів частота піде за межі норми, замініть його;

13) заміряйте частоту прямування зондуєчих імпульсів осцилографом;

14) переключіть осцилограф на вихід підсилювача, паралельно резистору R16, регулятор «ЧУТЛИВІСТЬ» встановіть в максимальне положення;

Змочіть поверхню зразка водою і встановіть перетворювач. При цьому амплітуда імпульсів від отвору 35 на екрані осцилографа повинна бути не менше 78 (при виявленні переднім та заднім призматичним перетворювачем).

Встановіть шукач 0° на випробувальний зразок, величина даного імпульсу при цьому повинна бути не менше 7В;

15) перемкніть осцилограф на вихід блоку затримки одним кінцем до колектора транзистора VT8, другим - до корпусу дефектоскопу. Виміряйте параметри строб - імпульсу і діапазон регулювання резистором «ТИП РЕЙКИ» (в мінімальному і максимальному положенні);

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

16) переключіть осцилограф паралельно розетці 4 і, встановивши шукач на випробувальний зразок, замірте амплітуду звукових коливань (режим «ПРЯМИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ»);

17) якщо параметри, виміряні в пунктах 1-16, відрізняються від норми, перевірте попередні каскади за допомогою осцилографа, порівнюючи форми і величини імпульсів з наведеними осцилограмами.

## ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті розроблено (модернізовано з метою поліпшення технічних та ергономічних характеристик) прилад ультразвукової діагностики УРДО-3. Прилад виготовляється з доступної і недорогої елементної бази. Він виготовляється на платі з одностороннього склотекстоліту.

Вибрана елементна база пристрою, принцип, метод компоновки і побудови конструкції забезпечують вимоги до рівня надійності та інших параметрів, які регламентуються ТЗ.

Проведені розрахунки елементів принципової електричної схеми (транзисторний каскад підсилювача сигналу датчика), часових інтервалів стробуючого імпульсу. Споживана потужність пристрою є невисокою, що робить його економічним.

Орієнтовні теплові розрахунки (потужність, що розсіюється в середині корпусу приладу менша 10 Вт/дм<sup>3</sup>), що говорить про забезпечення теплових режимів і підтверджує, що повітря в середині корпусу знаходяться в межах допустимих значень.

Матеріали і елементна база підібрані так, що собівартість приладу невелика.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

Наведені в останньому розділі вимоги з охорони праці при виготовленні приладу і правила налаштування приладу ультразвукової діагностики (дефектоскопу) підтверджують його безпечність при виготовленні та експлуатації.

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. “Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов. “ [Распоряжение ОАО "РЖД" № 2499р] – УралЮрИздат, 2015.-144 с.
2. Гурвич А.К., Довнар Б.П., Козлов В.Б. и др. Неразрушающий контроль рельсов при их эксплуатации и ремонте Изд. - М.; Транспорт, 1983, - 318 с.
3. Вайншток И.С. Ультразвук и его применение в машиностроении М.: МАШГИЗ, 1958. – 140 с.
4. ГОСТ 18576-85 Контроль неруйнівний. Рейки залізничні. Методи ультразвукові.
5. ГОСТ 14782-86 Контроль неруйнівний. З'єднання зварні. Методи ультразвукові.
6. Кретов Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении. — Изд.3-е, перераб.и доп. -Санкт-Петербург: СВЕН, 2011, 312с.,
7. Марков А. А., Шпагин Д. А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов, — Изд. 2-е, исправл. и доп. — СПб.: Образование — Культура, 2013, 283с
8. Применение ультразвука в промышленности В. П. Северденко, В. В. Клубович ; ФТИ АН БССР. - Минск : Наука и техника, 1967. - 264 с.
9. Цапенко В. К Основы ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / В. К. Цапенко, Ю. В. Куц. – Київ: НТУУ «КПІ», 2010. – 448 с.
10. Рети П. Неразрушающие методы контроля металлов / П. Рети, А.Н. Романов. - М.: Машиностроение, 1972. - 208 с
11. Бутолин, С. В. Классификация методов ультразвукового контроля / С. В. Бутолин.— 2019. — № 50 (288). — С. 85-87.
12. Дефектоскопы Приборы [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://ncontrol.ru/catalog/ultrazvukovoy\\_kontrol/ultrazvukovye\\_defektoskopy](https://ncontrol.ru/catalog/ultrazvukovoy_kontrol/ultrazvukovye_defektoskopy) - назва з екрану.
13. Преображенский, М. Н. Современные переносные ультразвуковые рельсовые дефектоскопы [Електронний ресурс]:

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

Режим доступу до ресурсу: <http://www.iprbookshop.ru/16146.html>.

14. Рыков А.Н. Ультразвуковой акустический контроль с идентификацией дефектов изделий из полимерных композиционных материалов/ ЗАО «Научно-исследовательский институт интроскопии МНПО «Спектр», 2018.- 139 с.

15. УСД-60 Универсальный ультразвуковой дефектоскоп Руководство пользователя 2013 КРОПУС

16. Домаркас В. Й., Пилецкас Э. Л. Ультразвуковая эхоскопия.-Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988.- 276 с.,

17. Квітка С.О., Яковлев В.Ф., Нікітіна О.В. Електроніка та мікросхемотехніка: Навчальний посібник / За ред. проф. В.Ф. Яковлева. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329 с.

18. Лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам. - К.: Техника, 1984. 10-е изд., перераб. и доп. — Киев : Техніка, 1984. — 424 с.

19. Коваленко М. М. Проектування друкованої плати. Навчально-методичний посібник для студентів РТ спеціальностей. - К.: КРМТ, 1998;

20. Закон України “Про охорону праці” [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

					РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

**ДОДАТОК А**  
**ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ**

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДП РТ-п71. 412234. 001	Завдання на Дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП РТ-п71. 412234. 001 ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A2	ДП РТ-п71. 412234. 001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
4	A4	ДП РТ-п71. 412234. 001 ПЕ	Перелік елементів	4	
5	A2	ДП РТ-п71. 412234. 001 Е2	Схема електрична функціональна	1	
6	A4	ДП РТ-п71. 412234. 001	Відгук	1	
7	A4	ДП РТ-п71. 412234. 001	Рецензія	1	
8	A1	ДП РТ-п71. 412234. 001 СБ	Плата дефектоскопу ультразвукового Складальне креслення	1	
9	A4	ДП РТ-п71. 412234. 001	Плата дефектоскопу ультразвукового	5	
10	A1	ДП РТ-п71. 412234. 001	Дефектоскоп ультразвуковий Плата друкована	1	

				ДП РТ-п71. 412234. 001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Тимошенко				1	1
Керівн.	Піддубний				КПП ім. Ігоря Сікорського Каф. РТПС Гр. РТ-п71	
Консульт.	Гусєв					
Н/контр.	Піддубний					
Зав.каф.	Жук С.Я.					

## **ДОДАТОК Б**

### **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

#### **на розробку приладу ультразвукової дефектоскопії металевих об'єктів**

##### **1 Область використання.**

Прилад ультразвукової діагностики призначений для діагностування рейок в процесі експлуатації залізничної колії та діагностики нових рейок перед їх установкою на колію. Прилад використовується для перевірки справності залізничних рейок та для знаходження дефектів в металевих об'єктах..

##### **2 Мета та призначення розробки.**

Метою розробки є модернізація приладу ультразвуковою діагностики УРДО-3, розробка покращеної електричної принципової схеми на основі сучасної елементної бази та розробка зручної в експлуатації конструкції.

##### **3 Виконавці**

Виконавець — студент групи РТ-п71 — Тимошенко Дмитро Віталійович.

Керівник дипломного проекту — доцент кафедри РТПС РТФ Піддубний Володимир Олексійович

##### **4 Технічні вимоги**

###### **4.1 Радіотехнічні характеристики функціонального призначення:**

- струм, що споживається не більше 50 мА;
- частота імпульсів ультразвукових коливань -  $2 \pm 0,3$  МГц;
- частота посилок імпульсів ультразвукових коливань 300...1000 Гц;
- напруга живлення 9 В;
- індикація дефектів - звукова на головні телефони;
- запас змочуючої рідини (вода або водний розчин спирту) в баках дефектоскопів близько 1,5 л;
- маса дефектоскопа, включаючи вагу рідини і батарей живлення, не більше 5,5 кг.

###### **4.2 Склад РЕА та вимоги до конструкції виробу:**

Прилад повинен бути виконаний в вигляді моноблоку зручного для користування та мати виносні ультразвукові головки шукача. Основою для

розробки є прилад УРДО-3, який має широке використання залізничній галузі, тому повинен мати зручну для користування конструкцію.

4.3 Вимоги до життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників.

1) Кліматичні вимоги група УХЛ4.2 згідно ГОСТ 15150-69.

2) Захист від механічних впливів Р6 (носима, що встановлюється в опалюємих приміщенн.

3) Вимоги стійкості РЕА до механічних та кліматичних впливів.

ГОСТом 15150 - 69 встановлено дев'ять основних кліматичних виконань РЕА. РЕА, що проектується згідно повинна мати виконання 2 - для районів з помірним кліматом із середньомісячними екстремумами температури від мінус 45 °С до 45 °С) згідно ГОСТ 16019-2001.

4.4 Вимоги до надійності РЕА.

Забезпечити напрацювання на відмову не менше 10000 годин.

4.5 Вимоги до ергономіки та технічної естетики.

До недавнього часу розглядалися питання конструювання радіоелектронної апаратури з точки зору відповідності її функціональному призначенню, техніко-економічним факторам, відповідності психофізичним особливостям людини-оператора і т.д.

Тепер до апаратури пред'являють ще й вимоги естетичного вдосконалення. Ця вимога означає, що повинна здійснюватися гармонія між людиною, апаратурою і зовнішнім середовищем.

Прилад повинен бути зручним до користування та викликати у людини відчуття красивого. Кольорова гама приладу повинна не впливати на психофізичний стан організму людини. Колір, що має оточуюча апаратура, тим паче для людей, що постійно знаходяться поруч неї повинен викликати бажання працювати з приладом. Відтінки чорних, темно-сірих і брудно-зелених тонів визивають враження тяжкості, втомливо діють на людину-оператора. Перевагу краще віддавати апаратурі, що має кольори жовто-зеленого спектру, так як вони найбільш сприятливо впливають на

психофізичний стан людини. При таких кольорах знижується тиск на очі, зменшується втома та загострюється слух.

Ергономічні вимоги до розробки приладу:

1) антропологічні: виріб повинен відповідати силовим, швидкісним та рецепторним (зір, чутливість, дотик) можливостям користувача;

2) психофізіологічні: виріб повинен відповідати можливостям споживача до сприйняття, зберігання, переробки інформації і забезпечувати адекватну його дію;

3) гігієнічні показники: експлуатація виробу має забезпечити або передбачити не вище (не нижче) граничного рівня температуру, вологість, тиск, освітлення, шум, вібрації, перенавантаження, випромінювання, напруженість поля, стан повітряної суміші.

4.6 Умови експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонтпридатності.

Прилад повинен бути ремонтпридатний, гарантійний термін повинен бути не менше 6 місяців.

4.7 Безпека життя, здоров'я і майна громадян та охорона довкілля.

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки

Концентрація шкідливих речовин, температура, відносна вологість повітря в робочій зоні не повинні перевищувати значень, передбачених ГОСТ 12.1.005 - 76.

Обладнання та електроінструмент, які застосовуються при виконанні робіт по складанню та монтажу виробів, повинні відповідати вимогам за ГОСТ 12.2.003 - 74.

Технологічні процеси складально-монтажних робіт повинні відповідати ГОСТ 12.3.002 - 75 та галузевим стандартам на типові технологічні процеси.

Утилізація приладу повинна здійснюватися згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

Документація оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка					
BF1	Телефон РТ-п71. 412234	1						
	Конденсатори К10-у5 ОЖО.460.045ТУ							
	Конденсатори К53-21 ОЖО.464.157 ТУ							
C1	КМ-6а-Н90-1,0мкФ ±10% ОЖО.463.134 ТУ	1						
C2	К53-21-16В-47мкФ ±20%							
C3*	КД-1-Н30-330 пФ ±20% ГОСТ 7159-79Е	1						
C4	К10-у5-25-0,015 мкФ -Н50 ±20%	1						
C5...C7	К10-у5-25-0,022 мкФ -Н50 ±20%	3						
C8	К10-у5-25-0,033 мкФ -Н50 ±20%	1						
C9	КД- 1-Н30-330пФ ±20% ГОСТ 7159-79Е	1						
C1	К10-у5-25-6800 пФ -Н20 ±20%	1						
C1	К53-21-16-В-47,0 пФ ±20%	1						
C1	КД-1-М1300-120пФ ±20% ГОСТ 7159-79Е	2						
C1	КМ-55 М1500-470 пФ ±10%	1						
C15	КМ-55 М1500-150пф ±10%	1						
C16	К10-у5-25-0,1 мкФ -Н50 ±10%	1						
C17	КД-1-М1300-68пФ ±5% ГОСТ 7159-79Е	1						
C18	К10-у5-25-0,22 мкФ -Н50 ±20%	1						
C19	К10-у5-25-0,01 мкФ -Н3С ±20%	1						
C20	К53-21-50 В-0,33 мкФ ±20%	1						
C21	К10-у5-25-6800 пФ -Н20 ±20%	1						
C22	К53-21-16 В-3,3 мкФ ±10%							
C23	К10-у5-25-0,01 мкФ -Н50 ±10%							
C24	КД-1-Н30-680пФ ±20% ГОСТ 7159-79Е	1						
C2	К10-у5-25-0,1 мкФ -Н3О ±20%	1						
C26	К53-21-16В-3,3 мкФ ±10%	1						
C27	КМ6-1-750-910 пФ ±10% ОЖО.460.187 ТУ	1						
		РТ-п71. 412234. 001 ПЕ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дефектоскоп  ультразвуковий  Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Тимошенко							
Перевір.	Піддубний						1	4
						РТФ РТ-п71 114		
Н. Контр.	Піддубний							
Затверд.								

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка
GB1	Елемент UM1 ГОСТ 12333-74				1	
L1	Котушка РТ-п71. 412234 - 2					
PV1	Вольтметр М4203 ГОСТ 8711-78 0-15В				1	
	Резистори МЛТ ОЖО.468.559 ТУ					
	Резистор СП5 ОЖО.464.242 ТУ					
	Резистор ППБ ОЖО.468.512 ТУ					
R1	МЛТ- 0,25-3,3 кОм $\pm 5\%$				1	
R2	МЛТ - 0,25 - 100 Ом $\pm 5\%$				1	
R3	МЛТ - 0,25 - 12 кОм $\pm 5\%$				1	
R4	МЛТ - 0,25 – 2,6 кОм $\pm 5\%$				1	
R5	МЛТ -0,25 - 1,2 кОм $\pm 5\%$				1	
R6	МЛТ - 0,25 – 360 Ом $\pm 5\%$				1	
R7	МЛТ - 0,25 - 22 кОм $\pm 5\%$				1	
R8	МЛТ - 0,25 - 1,5кОм $\pm 5\%$				1	
R9	МЛТ - 0,25 - 1,2 кОм $\pm 5\%$				1	
R10	МЛТ - 0,25 - 220 Ом $\pm 5\%$				1	
R11	МЛТ - 0,25 - 200 Ом $\pm 5\%$				1	
R12	СП5-29 - 1А - 6,8 кОм $\pm 5\%$				1	
R13	МЛТ - 0,25 - 9,1кОм $\pm 5\%$				1	
R14	МЛТ - 0,25 - 27 кОм $\pm 5\%$				1	
R15	МЛТ - 0,25 - 820 Ом $\pm 5\%$				1	
R16	МЛТ - 0,25 - 2,7 кОм $\pm 5\%$				1	
R17	МЛТ - 0,25 - 27 кОм $\pm 5\%$				1	
R18	МЛТ - 0,25 - 18 кОм $\pm 5\%$				1	
R19	МЛТ - 0,25 - 3,9 кОм $\pm 5\%$				1	
R20	МЛТ - 0,25 - 560 Ом $\pm 5\%$				1	
R21	МЛТ - 0,25 - 15 кОм $\pm 5\%$					
R22	МЛТ - 0,25 - 12 кОм $\pm 5\%$				1	
					РТ-п71. 412234. 001 ПЕ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						Арк.
						115



Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
R23*	МЛТ - 0,25- 220 Ом ±5%	1	
R2	ППБ - 1А - 2,2 кОм ±5%	1	
R25	МЛТ - 0,25 - 100 кОм ±5%	1	
R26	МЛТ - 0,25-4,7 кОм ±5%	1	
R27	МЛТ - 0,25-560 Ом ±5%	1	
R28	МЛТ - 0,25-12 кОм ±5%	1	
R29	МЛТ - 0,25-22 кОм ±5%	1	
R30	МЛТ - 0,25-5,6 кОм ±5%	1	
R31	МЛТ - 0,25-1,2 кОм ±5%	1	
R32	МЛТ - 0,25-2,2 кОм ±5%	1	
R33	МЛТ - 0,25-2,2 кОм ±5%	1	
R34	МЛТ - 0,25-200 Ом ±5%	1	
R35*	МЛТ - 0,25-180 кОм ±5%	1	
R36	МЛТ - 0,25 -47 кОм ±5%	1	
R37	МЛТ - 0,25 - 9,1 кОм ±5%	1	
R38	МЛТ - 0,25 - 220 Ом ±5%	1	
R39*	МЛТ - 0,25 -100 Ом ±5%	1	
	Перемикачі		
SA1, SA2	MT-1 ОЮО.360.016ТУ	2	
SA3	MT-3 ОЮО.360.016ТУ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис Дата

РТ-П71. 412234. 001 ПЕ  
  
Арк.  
 116

[illegible]

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			РТ-п71. 412234. 001 СБ	Дефектоскоп	1	
				ультразвуковий		
				Складальне креслення		
A2			РТ-п71. 412234. 001 ЭЗ	Схема електрична	1	
				принципова		
A4			РТ-п71. 412234. 001 ПЕ	Перелік елементів	1	
				<u>Деталі</u>		
A1		1	РТ-п71. 412234. 001	Дефектоскоп		
				ультразвуковий		
				Плата друкована		
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Конденсатори КД-1		
				ГОСТ 7159-79Е		
		2		КД-1-М1300-68пФ ±5%	1	С17
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>РТ-П71. 412234. 000-1</b>	
Розробив	Тимошенко				Плата дефектоскопу ультразвукового	Літ.
Перевір.	Піддубний					Аркуш
Т.конт						1
Н.конт	Піддубний					5
						РТФ РТ-п71

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Прим.
		3		КД-1-М1300-120пФ ±20%	2	С12,С13
		4		КД-1-Н30-330пФ ±20%	2	С3*,С9
		5		КД-1-Н30-680пФ ±20%	1	С24
		6		КМ-55 М1500-150пФ ±10%	1	С15
		7		КМ-55 М1500-470пФ ±10%	1	С14
		8		КМ6-1-750-910пФ ±10%	1	С27
		9		КМ-6а-Н90-1,0мкф ±10%	1	С1
				<u>Інші вироби</u>		
				Діоди		
		10		КД503Б ТТ.362.0078ТУ	3	VD1-3
		11		Д310 ТТ.362.0078ТУ	1	VD4
				Конденсатори К10-у5		
				ОЖО.460.045.ТУ		
				Конденсатори К50-21		
				ОЖО. 464. 157 ТУ		
		12		К10-у5-25-0,01-Н3С ±20%	2	С19,С23
		13		К10-у5-25-0,015-Н50 ±20%	1	С4
				К10-у5-25-0,022-Н50 ±20%	4	С5-7,
						С18
		14		К10-у5-25-0,033-Н50 ±20%	1	С8
				РТ-п71. 412234. 001		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк 2	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Прим.	
		15		K10-y5-25-0,1-H50 ±10%	2	C16,C25	
		16		K10-y5-25-6800-H20 ±20%	2	C10,21	
		17		K53-21-50B-0,33 ±20%	1	C20	
		18		K53-21-16B-3,3 ±10%	2	C22,C26	
		19		K53-21-16B-47мкф ±20%	2	C2,C11	
		20		Котушка РТ-п71. 412234. 001	1	L1	
				Резистори МЛТ - 0,25			
				ОЖО.468.559 ТУ			
				Резистор ППБ			
				ОЖО468.512 ТУ			
				Резистор СП5			
				ОЖО468.512 ТУ			
		21		МЛТ - 0,25 - 100 Ом ±5%	3	R2,R25, R39*	
		22		МЛТ - 0,25 - 200 Ом ±5%	2	R11, R34	
		23		МЛТ - 0,25 - 220 Ом ±5%	3	R10*, R23,R38	
		24		МЛТ - 0,25 - 360 Ом ±5%	1	R6	
		25		МЛТ - 0,25 - 560 Ом ±5%	2	R20,R27	
		26		МЛТ - 0,25 - 820 Ом ±5%	1	R15	
		27		МЛТ -0,25 - 1,2 кОм ±5%	3	R5,R9, R31	
		28		МЛТ - 0,25 - 1,5кОм ±5%	1	R8	
				РТ-п71. 412234. 001			Арк
							3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис				Дата

Формат	Зона	Позиція	Позначення			Найменування	Кількість	Прим.	
						МЛТ - 0,25-2,2 кОм ±5%	2	R32-33	
		29				МЛТ - 0,25 - 2,6 кОм ±5%	1	R4	
		30				МЛТ - 0,25 - 2,7 кОм ±5%	1	R16	
		31				МЛТ - 0,25 - 3,3 кОм ±5%	1	R1	
		32				МЛТ - 0,25 - 3,9 кОм ±5%	1	R19	
		33				МЛТ - 0,25-4,7 кОм ±5%	1	R26	
		34				МЛТ - 0,25-5,6 кОм ±5%	1	R30	
		35				МЛТ - 0,25 - 9,1кОм ±5%	2	R13,R37	
		36				МЛТ - 0,25 - 12 кОм ±5%	3	R3,R22, R28	
		37				МЛТ - 0,25 - 15 кОм ±5%	1	R21	
		38				МЛТ - 0,25 - 18 кОм ±5%	1	R18	
		39				МЛТ - 0,25 - 22 кОм ±5%	2	R7,R29	
		40				МЛТ - 0,25 - 27 кОм ±5%	2	R14,R17	
		41				МЛТ - 0,25 -47 кОм ±5%	1	R36	
		42				МЛТ - 0,25-180 кОм ±5%	1	R35*	
		43				ППБ - 1А - 2,2 кОм ±5%	1	R24	
		44				СП5-29 - 1А - 6,8 кОм ±5%	1	R12	
						Трансформатори			
		45				МИТ-7 ИЮ0.472.004 ТУ	1	T1	
		46				РТ-п71. 412234. 002	1	T2	
						РТ-п71. 412234. 001			Арк
									4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

[illegible]